

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.52 No.11 研究・マイコン応用家電機器特集

三菱電機技報

Vol. 52 No. 11 NOVEMBER 1978

研究・マイコン応用家電機器特集

目次

特集論文

| | | |
|--|---------------------------|-----|
| 6MVA 超電導発電機の試作研究 | 岩井雅民・萩野 治・野村達衛・佐藤 隆・福本紀久男 | 779 |
| 回転機用新ブリブリグ絶縁 | 浅見辰巳・平林庄司・林 修・美藤 亘・藤原健三 | 784 |
| 自動ゴースト除去回路 | 倉橋浩一郎・中島義郎・水谷芳樹・岩村清志郎 | 789 |
| トランスバースジャンクションストライプ形レーザダイオード | 須崎 渉・石井 恂・高宮三郎・池田健志・浪崎博文 | 794 |
| LiNbD ₃ を基板とした光集積回路 | 中山 高・野村良徳・内藤初彦 | 798 |
| DSA MOS マスタースライス LSI | 田中千代治・中野隆生 | 802 |
| 大形計算機を利用した汎用マイクロプログラムサポートシステム | 上田尚純・井上貞夫・津滝文雄 | 807 |
| M58840P 用デバックマシン——4 ビット 1チップマイコンサポートシステム—— | 磯貝文彦・本城雅則・壺井芳昭・正田茂雄・田中禎一 | 812 |
| マイコン内蔵電子レンジ | 小畑哲男・高瀬明生・堤 孝夫・塚原宏明・田浦賢一 | 819 |
| TV 用プログラプルトイマーへのマイコン応用 | 正田茂雄・大川雄敏・江頭英隆 | 824 |
| ルームエアコンへのマイコン応用 | 本田嘉之・高橋 修・大塚洋俣・安藤正俊・新聞 充 | 827 |
| 石油温風暖房機《クリーンヒーター》へのマイコン応用 | 壺井芳昭・正田茂雄・下島明彦・近藤潤一 | 832 |

普通論文

| | | |
|--|---------------------|---------|
| ダム河川管理用テレメーター、放流警報装置 | 北原貞守・小寺恒男・吉崎 守 | 839 |
| 《MELSYS》による学内事務処理システム | 中村 晋・水沢勝治 | 844 |
| 基板コンピュータ《MELCS》8/2 の自動製造装置への応用 | 杉本維平・川口克二・大谷雅樹・石井康熙 | 849 |
| 特許と新案 | | 857 |
| プロジェクト溶接装置・自動製氷機の制御回路・弁操作機構 | | 817・856 |
| 当社の登録実用新案一覧 | | 854 |
| スポットライト | | 854 |
| 電気温風フローア・加湿器 VGZ-280・パッケージ発電機 PG-E シリーズ (表紙-3) | | |

FEATURING RESEARCH & HOME APPLIANCES UTILIZING MICROPROCESSORS

CONTENTS

FEATURED PAPERS

| | | |
|--|-------------------------------|-----|
| Studies on an Experimental 6MVA Superconductive Generator | Masatami Iwamoto et al. | 779 |
| New Pre-Impregnated Insulation for Large Rotating Machines | Tatsumi Asami et al. | 784 |
| Automatic Ghost-Canceling Circuitry | Seishiro Iwamura et al. | 789 |
| TJS Laser Diodes with Low Threshold Current and Single-Mode Operation | Wataru Susaki et al. | 794 |
| Optical ICs on an LiNbO ₃ Substrate | Takashi Nakayama et al. | 798 |
| A DSA MOS Masterslice LSI | Chiyoji Tanaka & Takao Nakano | 802 |
| A General-Purpose Support System for Microprogram Development Using the Software of a Large Computer | Takasumi Ueda et al. | 807 |
| A Debugging Machine for the M58840P 4-Bit 1-Chip Microprocessor | Fumihiko Isogai et al. | 812 |
| The Model ET-701T Microwave Oven with a Microprocessor Control System | Tetsuo Obata et al. | 819 |
| The Application of Microprocessors to Programmable TV Timers | Shigeo Masada et al. | 824 |
| The Application of Microprocessors in Room Air-Conditioners | Yoshiyuki Honda et al. | 827 |
| The Application of Microprocessors to the Clean Heater | Yoshiaki Tsuboi et al. | 832 |

GENERAL PAPERS

| | | |
|--|------------------------------------|-----|
| Telemetry and Flow-Alarm Equipment for Dam and River Control | Sadamori Kitahara et al. | 839 |
| MELSYS, a School Information System Using a MELCOM Computer | Susumu Nakamura & Katsuji Mizusawa | 844 |
| The Application of the MELCS 8/2 Board Computer to Automatic Manufacturing Equipment | Ihei Sugimoto et al. | 849 |

表紙

PCM オーディオディスク

写真は“夢のオーディオシステム”として期待されている、PCM オーディオディスクである。

従来のレコードのようにアナログ信号の形ではなく、PCM 信号つまりデジタル信号で記録されており、広いダイナミックレンジと高い SN 比が得られ、超 Hi-Fi 再生が可能である。さらに信号の再生は針を使わず、レーザの針ともいえる 2 μmφ 程度に絞った光のスポットでトラックから信号を読み出すため、ディスクは半永久的に使用できる。

なお、美しい半径方向の模様はトラックによる光の回折であり、トラックが超高密度で記録されているために生じている。

COVER

A PCM Audio Disc

The cover shows a PCM audio disc, which promises to make possible a whole new dimension in audio systems. Unlike conventional phonograph records, on which sound is recorded in the form of analog signals, this disc is imprinted with digital signals using pulse-code modulation, producing an extremely broad dynamic range and a high S/N ratio for super-hi-fi reproduction.

Reproduction is effected by a beam of laser light only 2 μm in diameter, instead of by a needle, thereby assuring indefinite life for the records.

The attractive radial pattern is produced by diffraction of light from the track on the surface of the disc, which achieves extremely high information storage density.

6MVA超電導発電機の試作研究

岩本雅民・荻野治・野村達衛・佐藤隆・福本紀久男

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P779～783

通産省重要技術開発費補助金の交付を受けて、世界最大規模の6,250kVA超電導発電機の試作実験に成功した。この発電機は極数2、回転数3,600rpm、回転子は外径39cm、軸受間長190cmで、内部にNb-Ti-Ta超電導界磁コイルを収納している。固定子は外径110cm、長さ168cmで電機子コイルは空隙巻線式で油浸強制冷却されている。

DSA MOSマスタスライスLSI

田中千代治・中野隆生

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P802～806

電算機用ランダム論理LSIをMOSマスタスライス方式により実現した。LSIデバイスは高速・高集積可能な当社独自の全イオン注入DSA・MOSを用い、更に高性能化、高密度化をはかるためAl-Al₂O₃2層配線を用いた。論理図からLSIパターン配置・配線、テストプログラムはすべてCADにより自動発生され、開発周期の短縮、人手介入によるミスの削減、多品種少量生産を可能にするシステム構成となっている。

回転機用新プリプレグ絶縁

浅見辰己・平林庄司・林修・美藤亘・藤原健三

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P784～788

最近の回転機の傾向として大容量化、耐熱性向上などが行われるようになってきた。三菱電機では昭和47年に耐熱性の良い新エポキシレジンを用いた集成マイカ/エポキシ絶縁を高圧回転機に適用15年余りを経過した。この間更に材料と工作法の改善をはかり、耐熱性の優れた新プリプレグ絶縁を開発実用化に至った。この絶縁方式は、H種の耐熱性をもち、電氣的・機械的特性、耐ヒートサイクル性に優れ、とくに大形直流機などの絶縁に適している。

大形計算機を利用した汎用マイクロプログラムサポートシステム

上田尚純・井上貞夫・津滝文雄

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P807～811

マイクロプログラムの開発作業能率は、開発支援道具である計算機の利用の仕方の巧拙に影響される。《MELCOM-COSMO》700計算機のソフトウェアを用いて、どのようなマイクロプロセッサに対してもアセンブラやシミュレータ等からなる強力な機能を持つ開発支援システムを短期間で作成して、オンラインで効率よく運用する方法を確立し、マイクロプロセッサINTEL8085に適用して成果を挙げているので、この方法について紹介する。

自動ゴースト除去回路

倉橋浩一郎・中島義郎・水谷芳樹・岩村清志郎

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P789～793

ゴーストをテレビ受信機内で自動的に除去する回路として、2つの位相検波回路の出力を演算合成することによりゴーストを除去し、その除去条件の設定をカラーバースト信号と、水平同期信号を基準信号とする制御回路により行う自動ゴースト除去回路を試作して評価実験した結果、この方式が基本的に有効であることを確かめた。この方式の自動除去の原理、試作機による除去実験結果及びテレビ受信機内で自動除去する場合の問題点を明らかにする。

M58840P用デバッグマシン

——4ビット1チップマイコンサポートシステム——

磯貝文彦・本城雅則・壺井芳昭・正田茂雄・田中禎一

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P812～816

家電製品への1チップ4ビットマイクロコンピュータの採用が本格化している。1チップマイクロコンピュータにとって、その使いやすさはチップの機能、コストはもちろんの事、その開発サポートシステムによるところが大きい。本文では先に当社で開発した1チップ4ビットマイクロコンピュータM58840Pの開発サポートシステムについて、デバッグマシンを中心に概要を説明する。

トランスパースジャンクションストライプ形レーザダイオード

須崎 渉・石井 惇・高宮三郎・池田健志・浪崎博文

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P794～797

TJS形レーザは低しきい値電流、基本単一モード発振など多くの優れた特長を持っている。ここでは従来のn形基板TJSレーザと新たに開発した半絶縁性基板TJSレーザを併せて、これらの構造や動作機構及び性能上の特長を説明した。また、従来形と比較して新形TJSレーザが性能的だけでなく作りやすさや信頼性の点で優れており、レーザダイオードの実用化を図る上で大きな前進を意味するものであることを明らかにした。

マイコン内蔵電子レンジ〈モデルET-701T〉

小畑哲男・高瀬明生・堤 孝夫・塚原宏明・田浦賢一

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P819～823

近年、電子レンジの有するスピード加熱、省エネルギーの特長を生かしつつ調理法を簡略できる調理制御技術の開発が盛んである。LSI技術の発展により、マイクロコンピュータを、この調理制御に導入する傾向が、米国市場向け商品を中心に普及している。制御内容自体も、時間・出力の制御に加えて、食品温度を直接検出し制御する温度制御の機能も内蔵される。ここでは、当社の米国向けモデルET-701Tを例にマイコン制御例として紹介する。

LiNbO₃を基板とした光集積回路

中山 高・野村良徳・内藤初彦

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P798～801

LiNbO₃基板上に光素子の複数個を集積した光集積回路の試作結果について述べる。第1のものは、データウエーを光ファイバで構成するときの光データ・ステーションを想定して、光スイッチ、光結合器、光分配器を集積した回路、第2の例は光スイッチを2つ集積してアレイとした回路の試作例を、得られた特性値を挙げて記述する。

TV用プログラマブルタイマへのマイコン応用

正田茂雄・大川雄敬・江頭英隆

三菱電機技報 Vol. 52・No. 11・P824～826

マイクロコンピュータの記憶機能を利用し、プログラマブルタイマを試作した。TV受像機やVTR、リモコン装置などへの組込み用であり、曜日、チャンネル番号、開始時刻、終了時刻などを1組として、プログラムすることができ、ユーザは、このタイマを用い、毎週放送される連続物を見落すことなく観ることができ、また、家族の希望に合った1日中のプログラムを組むことができる。本稿では、その機能や構成、今後の方向などについて述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 802~06 (1978)

A DSA MOS Masterslice LSI

by Chiyoji Tanaka & Takao Nakano

A random logic LSI for computer application has been developed using MOS masterslice technology. The device makes use of Mitsubishi Electric's unique full-ion-implanted DSA MOS, which makes possible high speed and a high integration density, along with Al-Al multilevel metallization for even higher performance and density. All processes, from the logic diagram and pattern placement and interconnection to test programming, are carried out by computer-aided design, in a system configuration that reduces development turn-around time, minimizes mistakes due to human intervention, and enables small-run production of a wide variety of devices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 779~83 (1978)

Studies on an Experimental 6MVA Superconductive Generator

by Masatami Iwamoto, Osamu Ogino, Tatsuei Nomura, Takashi Sato & Kikuo Fukumoto

Assisted by funds provided by the Ministry of International Trade and Industry for the development of important technology, an experimental superconductive generator rated at 6250kVA, among the largest in the world, has recently been built. The 2-pole, 3600rpm machine has a rotor diameter of 39cm and a bearing-to-bearing length of 190cm, and contains a superconductive field coil of Nb-Ti-Ta wire. The stator is 110cm in diameter and 168cm in length with an armature coil of the air-gap winding type, and has oil-filled forced cooling.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 807~11 (1978)

A General-Purpose Support System for Microprogram Development Using the Software of a Large Computer

by Takasumi Ueda, Sadao Inoue & Fumio Tsutaki

Microprogram development efficiency is a function of the sophistication of the software for the computers that constitute the main developmental tool. Using MELCOM-COSMO 700 system software, a development-support system possessing powerful assembler, simulator and other functions, and applicable to any type of microprocessor can be generated in a short time, and the methodology established for its efficient on-line operation. The article describes this methodology and the results of its application to an INTEL 8085 microprocessor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 784~88 (1978)

New Pre-Impregnated Insulation for Large Rotating Machines

by Tatsumi Asami, Shoji Hirabayashi, Osamu Hayashi, Wataru Bito & Kenzo Fujiwara

Recent trends in rotating-machine design include higher capacity and better heat resistance. More than five years have passed since Mitsubishi Electric applied reconstituted mica-epoxy insulation employing a new epoxy resin of improved heat resistance to high-voltage rotating machines. During this interval, improved materials and processing techniques have resulted in the development and commercialization of new pre-impregnated insulation materials of outstanding heat resistance. The present insulation system combines Class H heat resistance with outstanding electrical and mechanical properties and heat-cycle resistance, and has been applied to large DC motors in particular.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 812~16 (1978)

A Debugging Machine for the M58840P 4-Bit 1-Chip Microprocessor

by Fumihiko Isogai, Masanori Honjo, Yoshiaki Tsuboi, Shigeo Masada & Teiichi Tanaka

The application of 1-chip 4-bit microprocessors to consumer appliances is in full swing. The ease of use of a 1-chip microprocessor is mainly determined, in addition of course to chip function and cost, by its development support system. The article deals with a debugging machine, part of a development support system, for Mitsubishi Electric's M58840P 4-bit 1-chip microprocessor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 789~93 (1978)

Automatic Ghost-Canceling Circuitry

by Koichiro Kurahashi, Yoshiro Nakashima, Yoshiki Mizutani & Seishiro Iwamura

Experimental circuitry has been designed to automatically cancel TV ghost images inside the receiver by obtaining the sum of the outputs of two synchronous demodulators, and establishing conditions for ghost cancellation by means of a control circuit that uses the color-burst signal and horizontal sync signal as reference signals. Evaluation tests have confirmed the basic effectiveness of this system.

The article discusses the principle of automatic ghost cancellation by this system, presents the results of ghost-canceling tests using the experimental circuitry, and clarifies some problems arising in automatic ghost cancellation inside the receiver.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 819~23 (1978)

The Model ET-701T Microwave Oven with a Microprocessor Control System

by Tetsuo Obata, Akio Takase, Takao Tsutsumi, Hiroaki Tsukahara & Ken'ichi Taura

In recent years, important advances have been made in cooking control techniques, simplifying cooking methods to take maximum advantage of the rapid-heating and energy-saving properties of microwave ovens. Due to progress in LSI technology a trend has developed toward the use of microprocessors in the cooking controls of appliances for the U.S. market. Control parameters are being extended from time and output to include direct measurement of food temperature. The article introduces the Model ET-701T microwave oven for the U.S. market as an example of microprocessor control.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 794~97 (1978)

TJS Laser Diodes with Low Threshold Current and Single-Mode Operation

By Wataru Susaki, Makoto Ishii, Saburo Takamiya, Kenji Ikeda & Hirofumi Namizaki

Transverse junction stripe laser diodes have a number of outstanding features, including a low threshold current and a single mode of oscillation. The article compares the construction, operational mechanisms and performance characteristics of the currently produced n-substrate TJS laser diode and a newly developed type with a semi-insulating substrate, and shows the evident superiority of the new type not only in performance but also in ease of manufacture and reliability. It is concluded that the new type of diode represents a significant advance toward the commercial feasibility of laser diodes.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 824~26 (1978)

The Application of Microprocessors to Programmable TV Timers

by Shigeo Masada, Katsuhiko Okawa & Hidetaka Egashira

A programmable timer has been built utilizing a microprocessor. Intended for incorporation in TV sets, video tape recorders, remote-control units, etc., the timer can be programmed with the day of the week, start time, stop time and channel number. Thus the user can be sure of seeing every installment of regularly scheduled programs, and can schedule a whole day's viewing for the convenience of the family. The article discusses the functions and construction of the timer, and future application trends.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 798~801 (1978)

Optical ICs on an LiNbO₃ Substrate

by Takashi Nakayama, Yoshinori Nomura & Hatsuhiro Naito

Two experimental optical circuits have been constructed by integrating a number of optical devices on an LiNbO₃ substrate. The first, conceived as a data station for use with data ways consisting of optical fibers, integrates optical switches, couplers and branchers; the second is an array of two optical switches. The article presents the performance figures obtained.

アブストラクト

ルームエアコンへのマイコン応用

本田嘉之・高橋 修・大塚洋俣・安藤正俊・新聞 充

三菱電機技報 Vol.52・No.11・P827～831

普及率30%を超えて成長期に入るとともに、ルームエアコンはきめ細かい快適制御など、より複雑な機能を要求されている。これらを実現する手段として、民生用4ビットマイコンを用いたルームエアコン(MS-1804R)を製品化したので、目的・仕様と操作方法・ソフトウェア及びハードウェア構成について、特に、従来のメカ式・電気制御方式のもつ機能と新しい追加機能を、いかにしてマイコンでプログラム処理をしたかに重点をおいて述べる。

《MEL SIS》による学内事務処理システム

中村 晋・水沢勝治

三菱電機技報 Vol.52・No.11・P844～848

大学における計算機の利用は、研究にはじまり教育及び学内事務処理を含む情報化キャンパスへと発展することが急務である。これを達成する事務処理用システムとして、当社の持つ優れたデータベース管理システム、漢字処理技術を駆使して学籍管理、入試処理を実施する《MEL SIS》を開発した。《MEL SIS》の導入により、学内事務処理用アプリケーション開発のためのコスト、及び期間が削減され拡張性のあるシステムが実現できたのでここに紹介する。

石油温風暖房機《クリーンヒーター》へのマイコン応用

壺井芳昭・正田茂雄・下島明彦・近藤潤一

三菱電機技報 Vol.52・No.11・P832～836

三菱温風暖房機《クリーンヒーター》の生産台数はついに100万台を突破した。これを機に今回、さらに機能の向上を目指しマイコン搭載三菱石油温風暖房機《クリーンヒーター》を開発したのでその内容を紹介する。この製品の特長は、シーケンス制御のソフト化、タイマ機能のソフト化及び周辺回路の電子化による信頼性の向上、機能強化、使い勝手の向上であり、その他付加機能として時計、室温表示、異常状態表示等がある。

基板コンピュータ《MELCS》8/2の自動製造装置への応用

杉本維平・川口克二・大谷雅樹・石井康熙

三菱電機技報 Vol.52・No.11・P849～853

8ビット基板コンピュータは電子計測器のほか、機械装置の制御や簡単なデータ処理には最適のコンピュータで、ますます活用範囲は広がりつつある。この論文は半導体試験機の装置制御に使用した例を引いて、三菱基板コンピュータの実用化を紹介するものである。一般に自動機械装置は、複雑な機械制御系や動作の異常を検知する警報装置や計数装置をもつため、マイクロコンピュータの利用には格好の対象である。ここでは主に設計手順について述べた。

ダム河川管理用テレメータ、放流警報装置

北原貞守・小寺恒男・吉崎 守

三菱電機技報 Vol.52・No.11・P839～843

ダム河川管理用テレメータ、放流警報装置は建設省標準仕様書により、従来から製作してきたが、仕様の見直しが完了し、新仕様の適用を受けることになった。当社も新仕様に対応すべく新しい技術をもってテレメータ、放流警報装置を再開発し、実用機を納入することになった。今後この分野は水資源の開発、防災の面より多く設置されると考えられるので、システムの構成の考え方、装置の内容を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 844~48 (1978)
MELSIS, a School Information System Using a MELCOM Computer

by Susumu Nakamura & Katsuji Mizusawa

The growing use of computers in universities and colleges has resulted in 'information campuses,' in which computers serve both as an educational tool and in administrative-data processing. Mitsubishi Electric has provided a suitable data-processing system, called MELSIS, that applies a sophisticated data-base management system with Sino-Japanese (*kanji*) character processing to provide curriculum administration and processing of entrance examinations.

The introduction of MELSIS has reduced the cost and time required to develop applications for student information systems. The article describes an expandable system that has been set up.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 827~31 (1978)

The Application of Microprocessors in Room Air-Conditioners

by Yoshiyuki Honda, Osamu Takahashi, Hiroshi Otsuka, Masatoshi Ando & Mitsuru Shimma

As ownership of air-conditioners in Japan exceeds 30% and the market approaches maturity, a demand for more complex functions has arisen. To satisfy it, Mitsubishi Electric has marketed Model MS-1804R, incorporating a 4-bit microprocessor. The article discusses the objectives and specifications, as well as the operating procedures and hardware-software configuration, with emphasis on the way in which the conventional functions of mechanical types with electrical control, and the new functions added in this model, are handled by the microprocessor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 849~53 (1978)

The Application of the MELCS 8/2 Board Computer to Automatic Manufacturing Equipment

by Ihei Sugimoto, Katsuji Kawaguchi, Masaki Otani & Yasuhiro Ishii

The 8-bit board computer is ideally suited not only to electronic metering equipment but also to the control of machinery and simple data-processing tasks, and its field of application is increasing rapidly. The article discusses the commercialization of the MELCS 8/2 board computer in terms of a typical application, and control of a semiconductor testing device. Since automatic manufacturing equipment is normally equipped with complex mechanical-control systems and alarm and metering devices to detect abnormalities, it is well suited for the application of microcomputers. The article deals primarily with design procedures.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 832~36 (1978)

The Application of Microprocessors to the Clean Heater

by Yoshiaki Tsuboi, Shigeo Masada, Haruhiko Shimojima & Jun'ichi Kondo

With sales of the popular Clean Heater hot-air heating units in excess of 1 million, Mitsubishi Electric has developed a model incorporating a microprocessor, to provide even better functions. The new model features sequential control and timer functioning by software, and the use of electronics for peripheral circuitry, resulting in improved reliability, expanded functions, and greater ease of use, along with such additional displays as time, room temperature, and abnormal conditions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 11, pp. 839~43 (1978)

Telemetry and Flow-Alarm Equipment for Dam and River Control

by Sadamori Kitahara, Tsuneo Kotera & Mamoru Yoshizaki

Mitsubishi Electric has for some time been manufacturing telemetry and flow-alarm equipment for dam and river control, recently in accordance with the revised standard specifications of the Ministry of Construction. This has led to the development and delivery of improved equipment based on new technology. Since there will probably be an increasing number of installations of this type designed to conserve water and prevent disasters, the article presents the theoretical aspects of system configuration, and describes the equipment itself.

6MVA超電導発電機の試作研究

岩本雅民*・荻野 治**・野村達衛**・佐藤 隆***・福本紀久男+

1. ま え が き

超電導は、極低温に冷却された状態で電気抵抗が零となる現象であって、その発見は1910年にまでさかのぼる。1960年代に入って強磁界の下で大電流を流すことのできる新しい超電導材料(Nb-Ti, Nb₃Sn)が開発され、更に1970年代に入って超電導通電特性のいちじるしく安定な構造の超電導線(ファインマルチ・ツイスト線)が開発されるに及んで、超電導は将来の電力・電機技術に大きな技術革新をもたらす可能性をもつものとして大きな期待をあつめはじめたのである。

超電導発電機は回転子の界磁コイルに超電導を適用しようとするものである。回転する部分を超電導化するという技術課題を含んでいるが、超電導コイルとしてはそれほど大きな規模のものは必要でないことが特長である。1,000 MW級の実用機を考えてみても、必要な超電導界磁コイルは、磁界5~7 T、磁気エネルギーが10 MJ程度であって、現在の技術からみても中規模なものでよい。数ある超電導応用分野の中でも、実用化に最も近いものの1つであろう⁽¹⁾。

超電導発電機がもつ特長は次のようなものである。

- (1) 磁気装荷と電気装荷を高く選ぶことができ、発電機が小形・軽量になる(1/2~1/3)。
- (2) 現在の製作限界をこえた超大容量発電機を実現できる。
- (3) 発電機の損失が削減(~1/2)できて、効率が向上する(0.5~1%)。
- (4) 同期リアクタンスが小さく(~1/4)なり、短絡比がきわめて大きな発電機となる。

このように、超電導発電機は省資材・省占有地・省エネルギーなどの点で大きな経済効果をもつと同時に、安定度がいちじるしく優れた電磁特性の良い発電機となると期待されている。もちろん、超電導・極低温という新しい2つの極限技術を適用しようとするものだけに解明・克服すべき多くの技術課題があることも否めない。

筆者らは、昭和49年度から3年計画で、通産省重要技術開発費補助金の交付を受け、富士電機(株)と共同で「超電導交流発電機に関する試作研究」を行い、現在世界最大の6,250 kVA超電導発電機の試作・実験に成功した⁽²⁾。この試作研究を中心に現在の研究状況を紹介したい⁽³⁾。

2. 基 本 設 計

超電導発電機はヘリウム冷却系を必要とし、これがハンディとなるから、経済的な実用規模は1,000 MW級の大容量機となる。今回の試作研究の目的は超電導発電機の原理的な可能性を実証することにあるから、将来の実用機で遭遇すると思われる技術課題は可能なかぎり取り入れて試作研究することにした。将来の実用機で想定される

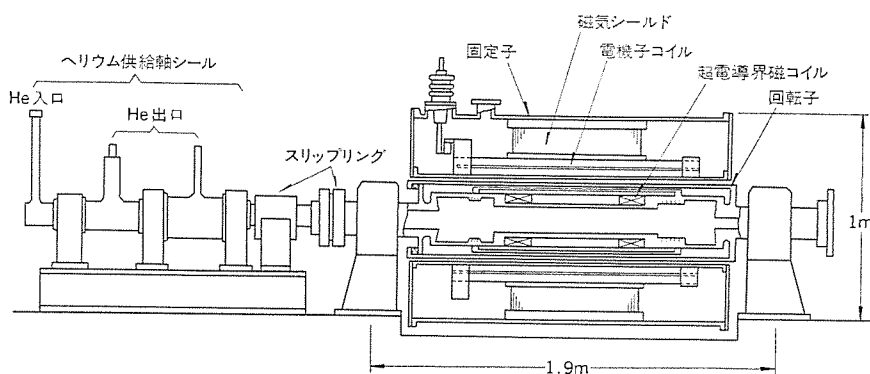


図 1. 6 MVA 超電導発電機

表 1. 6 MVA 超電導発電機の主要諸元

| | | | |
|-----------|-------------------|--|--------|
| 容 量 | 6,250 kVA | | |
| 極 数 | 2 | | |
| 回転数 (周波数) | 3,600 rpm (60 Hz) | | |
| 電圧・電流 | 2,640 V × 1,375 A | | |
| 同期リアクタンス | 40% | | |
| | | | |
| 回転子 | 方 式 | 超電導回転界磁形 2重ダンパ (常温及び低温) 付 磁性流体式ヘリウム供給軸シール付 | |
| | 寸 法 | 外 径 | 39 cm |
| | | 有効長 | 45 cm |
| | | 軸受間長さ | 190 cm |
| | 重 量 | 700 kg | |
| | | | |
| 固定子 | 方 式 | 常電導空隙巻線電機子, 磁気シールド付 油浸強制冷却 | |
| | 寸 法 | 外 径 | 110 cm |
| | | 内 径 | 40 cm |
| | | 全 長 | 168 cm |
| | 重 量 | 4,500 kg | |

方式や構造を今回の試作機で採用するためには、製作・組立可能な最小寸法がある。これを考慮して試作機の回転子の直径は約40 cmに選んで基本設計をスタートした。これから超電導界磁コイルの外径は約25 cmとなる。回転時の遠心力によって回転子中の液体ヘリウムが加圧され圧力と温度の上昇が引き起こされる可能性があるが、この試作寸法はヘリウムが超臨界状態にならないぎりぎりの直径に相当する。なお、今回の試作研究は発電機本体だけに限定し、ヘリウム冷却系は試作対象からはずして研究の迅速化をはかった。

図1は6 MVA超電導発電機の構造を示すものである。また、その主要諸元を表1にまとめておいた。参考までに、この超電導発電機の諸元と現在の代表的な6 MVA級の発電機のそれとを比較してみると、試作の超電導発電機の主要寸法は約1/2に小形化され、

総重量は 1/3 に軽量化されている。特に回転子の重量は 1/5 といちじるしく軽くなっている。また、同期リアクタンス x_d は現在機の数分の 1 に小さくなり、短絡比は実に 2.5 と極めて大きい。このように 6 MVA 程度の比較的小形の試作機においても、寸法・重量及び電磁特性の面で超電導発電機の特徴があらわれることは興味深い。

3. 回 転 子

図 2. は回転子の内部構造を説明図的に示したものである。これから分かるように、回転子は、(1) 超電導界磁コイル、(2) トルクチューブ、(3) ダンパ、(4) ヘリウム供給軸シール、から構成されている。なお図中の矢印はヘリウムの流れを示す。

超電導界磁コイルの断面を図 3. に示した。すなわち、1 極当たり 9 個のく(矩)形断面のく(矩)形コイルからできている。各く(矩)形コイルは、図 4. に示すような縦 3.2 mm、横 1.6 mm の断面寸法をもつ Nb-Ti-Ta 3 元超電導合金による ファインマルチ・ツイスト 線材を用いて巻線し、これをエポキシ系樹脂によって真空含浸して強固に固めたものである。なお、発生する磁界分布に対応して臨界電流容量の異なる 3 種の超電導線を使い分けている。

このようにして真空含浸成形されたく(矩)形コイルは、トルクチューブの中央部分の外周にくさび状のスペーサを介して配置し、その最外周をステンレスバインド線によって強固に固定している。図 5. はその状況を図示したものである。おのおののく(矩)形コイルには電磁力と遠心力が働くが、いずれもこのバインド線によって支えられることになる。なお、バインド線は適当な予備張力を与えつつ巻きつけられている。

トルクチューブはステンレス製であって、その中央部は超電導界磁コイルの収納部分となっている。その両側にはそれぞれ熱交換器を設けてあり、蒸発したヘリウムガスをそこに導いてガスの潜熱で軸受部分から極低温領域へ侵入してくる熱量を冷却除去するようにしてある。

ダンパは、(1) 制動巻線、(2) 高調波磁界の電磁しゃへい、(3) 突発短絡トルクの吸収、という 3 種類の機能を併せもったもので、超電導発電機の回転子にとって不可欠のものである。この試作機では常温及び低温の 2 種類のダンパが組込まれた 2 重ダンパ方式を採用している。常温ダンパは回転子の最外層を形成し、断熱のための真空容器を兼ねている。銅とステンレスのクラッド構造であって、外側の銅層にはうず電流が流れてダンパ本来の電磁効果を発生すると同時に、内側のステンレス層は電磁的トルク及び圧縮力に対する機械的な支えとなっている。低温ダンパは断熱真空層の熱しゃへいを兼ねており、その両端はトルクチューブの熱交換器部分に固定されて極低温に冷却されている。同じく銅とステンレスのクラッド構造である。銅層はかなり薄い、極低温に冷却され銅の固有抵抗が常温のその数分の 1 以下になっているため、電磁的には強力なダンパとして作用するはずである。機械設計の目安として、常温ダンパは 6 pu、低温ダンパ系は 3 pu、超電導界磁コイル系のトルクチューブは 1 pu のそれぞれ短絡トルクに耐えるように設計されている。また、回転子の危険速度は 5,000 rpm になるように各部の寸法を決めている。

回転子の問題点の 1 つに温度差による熱収縮がある。回転子の超電導界磁コイルを液体ヘリウムで冷却すると、トルクチューブが極低温に冷却され収縮するために、トルクチューブと常温ダンパの間には軸方向に約 0.2% の熱収縮によるずれが生じる。この対策として図 2. に

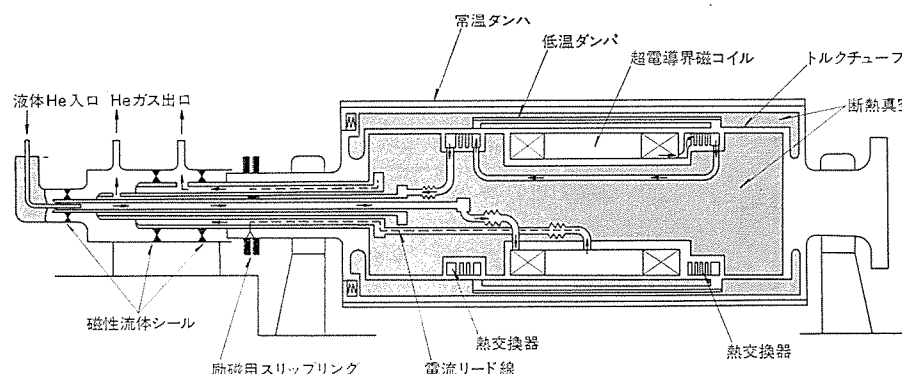


図 2. 回転子の内部構造

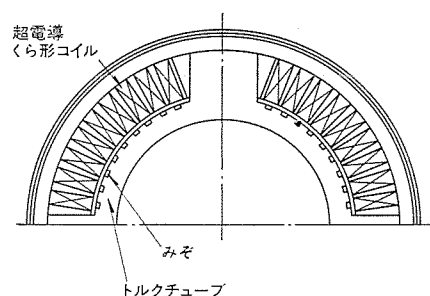
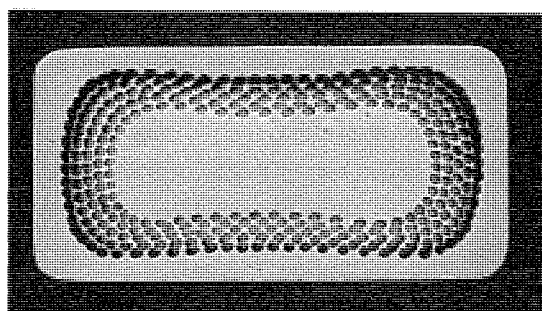


図 3. 超電導界磁コイルの断面構造



寸法 1.6 mm × 3.2 mm、 $I_c = 1,000$ A/5 T の銅の中に直径 40 μ の Nb-Ti-Ta 超電導合金の心線が数 100 本埋め込まれ、しかも全体に 25mm ピッチのひねり (ツイスト) が加えられている。

図 4. ファインマルチ・ツイスト 超電導線

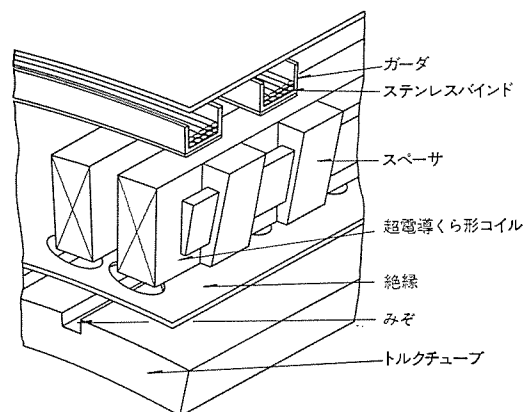


図 5. 超電導界磁コイルの固定

示すように常温 ダンパ の一端にスライド機構を設けて熱収縮を逃げるようにした。同様な熱収縮対策は、低温 ダンパ とトルクチューブの固定部分についても施されている。なお、回転子内部の各種の低温配管にはベロー機構による熱収縮対策を施している。

回転子の一端にはヘリウム供給軸シールが設けられており、液体ヘリウムがこの部分から注入される。注入された液体ヘリウムは超電導界磁コイルを冷却するが、気化した冷たいヘリウムガスはトルクチューブに設けた2個の熱交換器に直列に導かれて冷却したのち軸シールを経て回転子外部に回収される。なお、蒸発気化したヘリウムガスの一部はバイパスされて超電導界磁コイル励磁用の電流リード線(1,000 A 用)を冷却したのち、同様に軸シールから回転子外部へと導かれて回収される。軸シール部分には磁性流体を永久磁石でリング状にトラップする方式の磁性流体シール方式のものを採用して、シール部の長寿命化と無保守化をはかっている。

4. 固定子

電機子コイルには交流が流れるので超電導を適用できないので通常の銅線で巻線する。ただし、スロットティースのある鉄心は用いないから、電機子コイルだけを並べて組立てた構造となっており、いわゆる空心電機子ないし空けき(隙)巻線と呼ばれるものとなる。

電機子コイルはスロットに収められるわけではないから、コイルの対地絶縁(スロット絶縁)は省略ないし簡略化することができることは大きな利点である。このようにして、電機子コイルの占積空間を大きくとることができるので電気装荷を向上できる。このような電機子コイルは、むしろ変圧器巻線の構成に類似なものであって、油浸構造が可能となる。油浸冷却の採用によって発電機の端子電圧を従来よりもかなり高くすることができよう。一方、主磁束の回転磁界が、電機子コイルに直接加わるので、電機子コイルのうず電流を防止するために特別の工夫が必要である。また、回転トルクや短絡時の電磁力は電機子コイルに直接発生するから、電機子コイルの機械的支持と固定には十分な配慮が必要である。

電機子コイルの断面構造を図6に示した。各コイル片は直径0.9 mmのホルマール絶縁付きの銅線を7本よりあわせたものを単位の導体として、この導体を用いて2列11段のレーベル転位をしつつ組合せて成形したものである。すなわち、2重転位コイルとしてうず電流の軽減につとめている。図7は主磁束によって電機子コイル片が

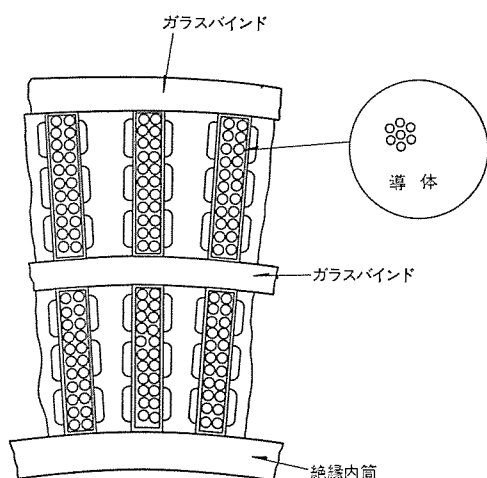


図 6. 電機子コイルの断面

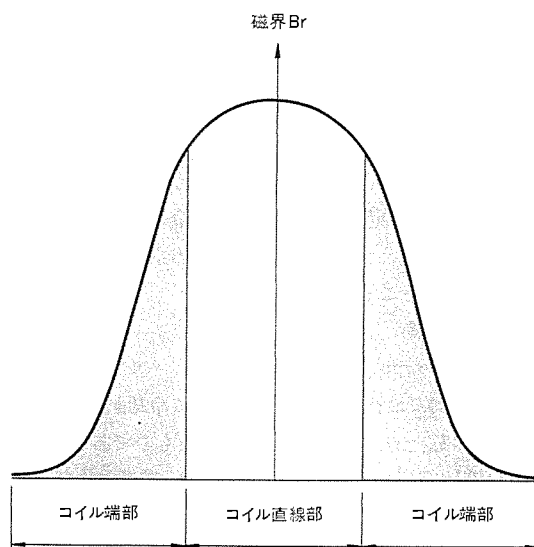


図 7. 電機子コイル片の受ける磁界の分布

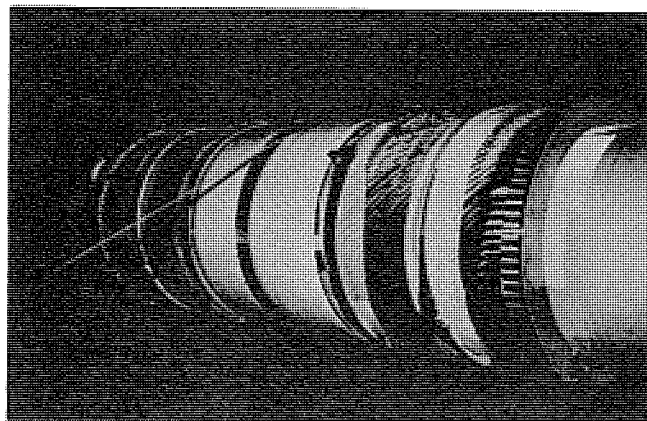


図 8. 電機子コイルの組立て

受ける磁界の半径方向成分の計算結果を示したものであって、そのままコイルの誘起電圧分布に対応するものである。これから分かるように、磁界は直線部だけでなく端部(インポルト部)においても相当の割合で発生している。このように、超電導発電機では従来の意味での鉄心がないから、電磁気的な意味での直線部と端部との区別がむづかしい。このためコイル転位は直線部だけでなく端部にも施している。

電機子コイルの組立状況を図8に示した。コイルの最外周をガラステープでバインドして機械的な固定を行っている。機械的支持を容易にするため、コイル端部はコーン角度をもたせず円筒状としている。

このようにして組立てられた電機子コイルの外側には、外部への洩れ磁界を防止する目的で磁気シールドを設けている。これは、けい素鋼板製の積層リングであるが、同時に主磁束の磁気回路の一部を形成する鉄心としても働き、これによって発電機の出力が若干増大する。

電機子コイルと磁気シールドは油浸されている。固定子の外側に設けた油ポンプによって油は強制循環される。油は電機子コイルの一方の端部から浸入し、コイル片に沿って流れて他の端部から抜け出るようになっている。このような強制油冷方式の採用によって、電機子コイルの電流密度は最高14 A/mm²と高くとることができた。

5. 実験運転

組立てられた 6 MVA 超電導発電機の外観を図 9. に示した。回転駆動のために 150 kW の直流電動機を直結している。励磁はトランジスタ制御式の電流 1,000 A、電圧 15 V の直流電源からスリップリングを經由して行う。この発電機は専用のヘリウム冷却系をもっていないので、別に用意したコンテナから液体ヘリウムを回転子のヘリウム供給軸シールを経て圧送することにした。

5.1 冷却降下試験

回転子を低速 (600 rpm) で回転させながら、ヘリウム供給軸シールから冷媒 (液体窒素、液体ヘリウム) を供給して冷却試験を行った。図 10. は超電導界磁コイルの温度変化を示したものである。常温から 80 K までは液体窒素を 15 l/h で送液して 6.5 時間で冷却されている。100 K から 10 K までは液体ヘリウムを 35 l/h で送液し、2.2 時間でコイルは超電導状態になっている。使用した冷媒の総量は、液体窒素 100 l、液体ヘリウム 86 l であった。

5.2 液体ヘリウム供給試験

冷却降下の完了に引き続き、液体ヘリウムを定常的に供給して回転

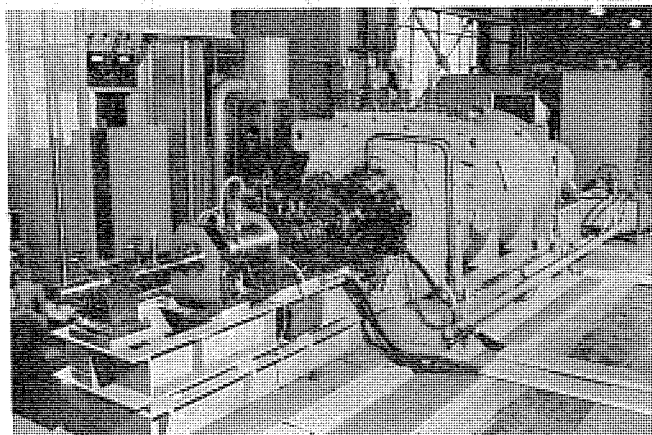


図 9. 6 MVA 超電導発電機の外観

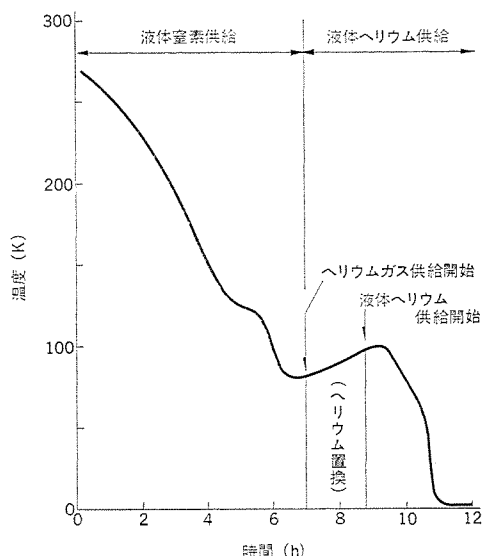


図 10. 冷却降下試験
—超電導界磁コイルの温度変化—

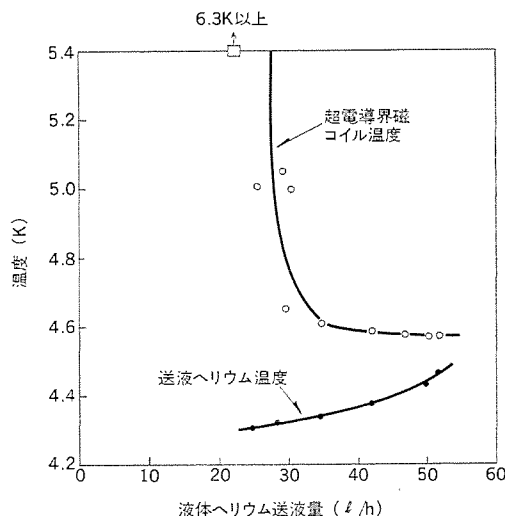


図 11. 液体ヘリウム送液量と回転子の温度
—超電導界磁コイルの入口部分の温度—

子の冷却特性を測定した。図 11. は、液体ヘリウム送液量をかえて超電導界磁コイルの温度を測定したものである。なお図には送液ヘリウムの温度も併記してある。超電導界磁コイルの温度 (入口部分) はヘリウム送液量 50~30 l/h の範囲では 4.6 K でほぼ一定である。送液量が更に少なくなると温度が上昇し、30 l/h 以下で約 5 K に達し、22 l/h で 6 K 以上になった。この測定結果から、この回転子において超電導界磁コイルが所要の性能を発揮するために必要な最小ヘリウム送液量は 25~30 l/h であると推定される。なお、超電導界磁コイルの励磁試験において、ヘリウム送液量が 30 l/h でも励磁可能であることが確かめられている。これらは設計段階における理論的予想値とほぼ一致している。回転数が増大すると液体ヘリウムは遠心力で加圧され温度上昇することが考えられるが、測定結果では回転速度の上昇に伴う温度変化は特に認められなかった。定格速度 (3,600 rpm) でも、超電導界磁コイルの入口側で 4.6~4.7 K、出口側で 4.4~4.5 K の温度であることが測定された。

5.3 無負荷励磁試験

超電導界磁コイルの励磁は 1,000 A/20 min の電流上昇速度で行い、このときの誘起電圧からコイルのインダクタンスは 0.30 H と測定された。これは設計値とよく合う。コイル電流を $I=500$ A の一定値に保ったときのコイル電圧は $6 \mu\text{V}$ であったが、これは $10^{-8} \Omega$ の電気抵抗に相当する。この微小抵抗は超電導線の接続抵抗に帰因するものである。

界磁電流と発電機端子電圧の関係は完全に直線的であることが実測で確認された。これは、主磁気回路に鉄心を使用していないため磁気飽和現象が全くなく、空芯発電機となっているから当然のことと言える。また、駆動系の電力測定から、無負荷損失は 21 kW であると推定された。これは機械損・磁気シールド鉄損・電機子コイルうず流損によるものである。

5.4 短絡試験

3 相短絡試験によって、同期リアクタンス x_d は 39.9% であることが測定されたが、これは設計値 (40%) とよく一致した。この同期リアクタンスは従来の発電機に比べ数分の 1 と小さい。超電導発電機は短絡比が極めて大きく、定態安定極限電力の大きい優れた特性の発電機となることが分かる。

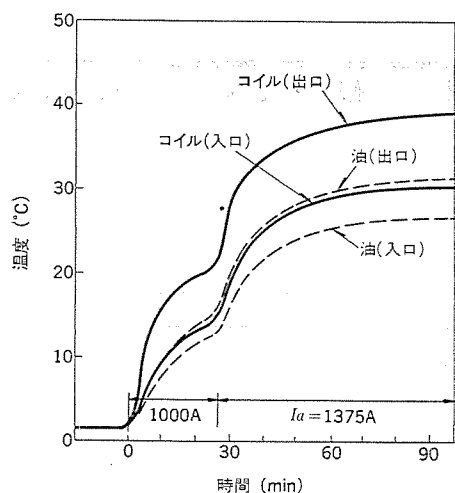


図 12. 固定子の温度上昇試験

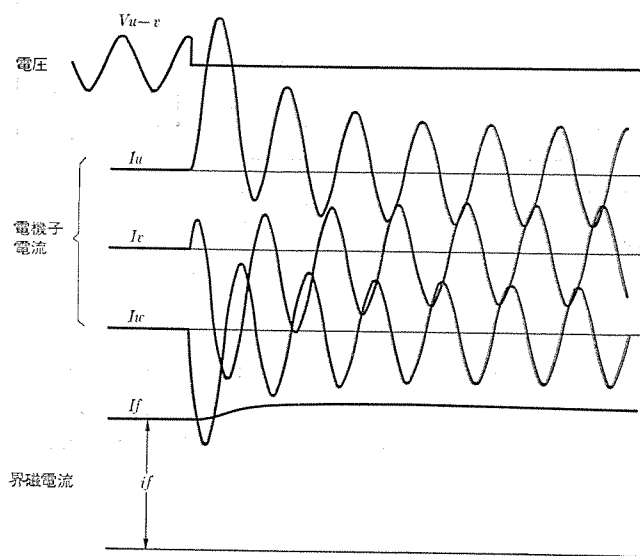


図 13. 3 相突発短絡試験

駆動系の電力測定から、負荷損失は 103 kW であると推定された。これは電機子コイルの抵抗損によるものである。これから、この発電機の損失合計は 124 kW となる。更に、3 相短絡状態で温度上昇試験を行い、固定子の温度上昇を実測した。その結果の例を図 12. に示している。油の温度上昇は 25~30°C、また、電機子コイルと油の間の温度差はたかだか 8°C におさまっている。

5. 5 突発短絡試験

3 相突発短絡試験（部分電圧）における電機子電流及び界磁電流の変化の測定結果を図 13. に示した。これから、過渡リアクタンス $x'_d = 23\%$ 、次期過渡リアクタンス $x''_d = 15\%$ であると推定された。界磁電流は突発短絡直後から若干増大し、その後はゆるやかに減衰していく。この減衰時定数は超電導発電機の場合、極めて長い。

6. む す び

今までの発電機の技術進歩を振り返ってみると、それは冷却技術の進歩につきる。この観点から考えると、超電導発電機は液体ヘリウム冷却技術を適用するものであって、おそらく発電機の技術進歩の究極的なものであろう。ここで紹介した 6 MVA 超電導発電機は現在世界最大規模のものである。この試作研究によって、今後の超電導発電機の開発研究において原理的に克服困難な問題は存在しないことが実証されたことの意義は大きい。

超電導発電機の実用規模はかなり大容量のものとなると予想されるから、今後の開発においては超電導・極低温という新技術上の問題だけでなく、大容量電力機器の開発としての問題も多く内包されている。大形化・高信頼化のための実証研究を含む着実な研究努力が要求されよう。

米国でも既に 3 MVA 機 (MIT) 及び 5 MVA 機 (WH 社、2 台) の試作研究が行われ、現在 20 MVA 機 (GE 社) が試作中である。また、ソ連においても同じく 20 MVA 機の試作が進められていると伝えられる。

我が国においても各方面の支援によって、第 2 期計画として、30 MVA の「超電導同期調相機に関する研究試作」が同じく通産省重要技術開発費補助金の交付を受けて、三菱電機(株)及び富士電機(株)の両社によって進められている。これは、超電導発電機の無効電力供給能力が大きいことに着目したもので、将来の電力系統に適した制御性のよいコンパクトな超電導同期調相機の技術を開発しようとするものである。調相機は原動機を必要としないので実証試験が容易になるという特長もある。(昭和 53-8-16 受付)

参 考 文 献

- (1) 岩本：エネルギー変換における超電導技術、精密機械 44, 1, 120 (昭 53)
- (2) 岩本、藤野：6 MVA 超電導発電機の試作研究、低温工学 10, 169 (昭 50)
- (3) 藤野ほか：6 MVA 超電導発電機の試作研究、富士時報 No. 11 (昭 53)

回転機用新プリプレグ絶縁

浅見 辰己*・平林 庄司**・林

修**・美藤 亘**・藤原 健三***

1. ま え が き

回転機の小型軽量化、大容量化の傾向は著しく、その使用条件はますます過酷になっており、絶縁層もこれらの使用条件に耐える絶縁性能が必要である。回転機の絶縁は、これらの性能を得るため、さまざまな材料と製法の組合せを各種の信頼性評価試験を背景に検証しながら、合理的な絶縁システムが完成される⁽¹⁾。

当社では集成マイカ/エポキシレジンを用いた高圧回転機絶縁システムを既に発表し好評を博している。これらは真空含浸方式⁽²⁾、あるいは全含浸方式⁽³⁾のものが主であり、プリプレグ絶縁方式の一部採用したもの⁽⁴⁾も紹介した。

ここに紹介する新プリプレグ絶縁方式は後者のプロセスを拡大発展させたもので、耐熱クラス F~H 種、電圧階級は 13.8 kV 以下の各仕様に耐えるものである。

いうまでもなくプリプレグ絶縁方式は、熱硬化性樹脂を多量に含ませたアラミッド紙、又は集成マイカテープを熱プレスのみで成型重合を行うだけで絶縁加工工程が完了できるので、含浸方式に比べかきずのメリットを有するものである。その中で最も特長なことは広範な組成の熱硬化性樹脂の適用が可能となることであり、この特長を十分に発揮して新プリプレグ絶縁方式を完成した。

ここに、当社の各種新プリプレグ絶縁方式の絶縁特性と実用化の一端を紹介し参考に供したいと考える。

2. 新プリプレグ絶縁方式

2.1 絶縁加工法

新しく開発したプリプレグ絶縁は、作業性に優れ耐熱性の高いアラミッド紙（芳香族ポリアミドペーパー）、ポリイミドフィルム及び集成マイカのプリプレグを使用した絶縁方式である。このプリプレグテープは、アラミッド紙、ポリイミドフィルム、集成マイカ及び電気的・熱的特性の優れた高性能エポキシ複素環樹脂から成っており、樹脂は B ステージ状態にとどめたものである。

この絶縁方式は、上記プリプレグテープを導体外周に半重ね法などの方法により巻装する。プレス成型は電熱や熱媒体により加熱した熱板を備えたプレスを使用する。一定温度に予熱したプレスに、プリプレグテープを巻いたコイルをセットし、樹脂が軟化溶解したのち圧力を加え、圧縮して成型する。この場合加熱、加圧しなければならぬがこの工程はきわめて重要である。加熱と加圧の条件選定が絶縁性能を大きく左右する当社では長年にわたる研究の結果、温度・圧力を適切にコントロールすることによって電気的、機械的及び熱的性質に優れ、かつ特性の安定したプリプレグ絶縁コイルを製作することに成功した。

2.2 プリプレグ絶縁方式の特長

プリプレグ絶縁方式は、真空含浸方式に比べ次のような特長がある。

(1) 図 1. に示すごとく、含浸工程が不要であり、しかもコイルを短期間に製造できる。

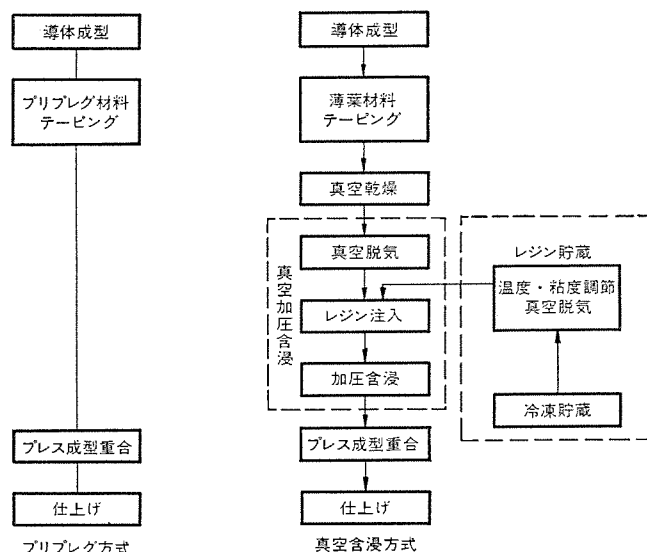


図 1. プリプレグ方式と真空含浸方式の製造工程

(2) プリプレグ絶縁方式は、絶縁層として必要な樹脂があらかじめ含浸されていることにより常に均質な絶縁層が得られ、その性能も真空含浸方式で十分プロセス管理されたものと同等のものが得られる。

(3) プリプレグ絶縁方式では、絶縁層に特殊な処理をすることが可能であり、不慮の事故に対しても真空含浸方式に比べてコイル上げ、コア清掃が容易で短期間の現地巻替作業が可能である。

3. プリプレグ絶縁の性能

3.1 各種プリプレグテープ

電気機器を小型軽量化し信頼性を一層向上させるための必要条件として、電気絶縁材料に対しては特に耐熱性及び機械的強度の優れたものの開発が強く要望されている。この要望に応じて絶縁テープとして耐熱薄葉材料の活用、絶縁処理に耐熱無溶剤ワックスの積極的採用がなされてきた⁽⁵⁾。我々はより優れたプリプレグ材料を開発すべく研究を続けた結果、数種の新しい耐熱性プリプレグ材料を開発することができた。プリプレグ材料に使用する樹脂は数 10 種類に及ぶエポキシ樹脂及び複素環樹脂の中から特に F 種及び H 種用樹脂として選んだもので高温熱安定性が高い。これらプリプレグ材料の組成及び使用する樹脂単体の特性を表 1. 及び表 2. に示す。

プリプレグマイカ絶縁方式は、高電圧回転機の F 種コイル絶縁に有効に利用されており⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾、昭和 47 年適用以来現在なお無事故運転されている。アラミッド紙、ポリイミドフィルムを中心とした開発品は、耐熱性の高いプリプレグ樹脂を塗布含浸したプリプレグ絶縁材料で特に高温特性の改善をはかったものである。これらのプリプレグ材料は、テーピング作業性において、室温保存寿命も長く、非常に優れた特性を有するものである。

表 1. 耐熱 プリプレグテープ 一覧

| 構 成 プリプレグ 材料名 (Type) | 耐熱 クラス | 基 材 | 使 用 樹 脂 | 製 造 時 の 区 分 | 樹 脂 含 有 量 |
|----------------------------|-----------|----------------------|---------------------|----------------|--------------|
| マイカプリブレ グテープ (A-1) | F | 集成マイカ ・ガラス布 | F種 ノボラック系 エポキシ樹脂 | 溶 剤 形 | 33~38% |
| (A-2) | H | " | H種 エポキシ複素 環系樹脂 | " | " |
| アラミッド主体ブ リプレグテープ (N-1) | F | ノーメックス® (Dupon't) | F種 " | 溶 剤 形 | 25~30% |
| (N-2) | H | " | H種 " | " | " |
| カプトン主体ブ リプレグテープ (K-1) | F | カプトン® (Dupon't) | F種 " | 無溶剤形 | 25~30% |
| (K-2) | H | " | H種 " | 溶 剤 形 | " |
| 外層テープ (G-1) | F | ガラス・テ トロン | F種 " | 溶 剤 形 | 57~63% |
| (G-2) | H | ガラスクロ ン | H種 " | " | " |

表 2. プリプレグ 樹脂 (使用樹脂) の特性

| 種 類 項 目 | ダイヤエポキシ 樹脂 | F種プリプレグ 樹脂 | H種プリプレグ 樹脂 |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 比 重 (25°C) | 1.18 | 1.24 | 1.26 |
| 熱変形温度 (°C) | 125 | 135 | 160 |
| 収 縮 率 (%) | 8.65 | 1.75 | 1.80 |
| 抗 張 力 (kg/mm ²) 155°C | 1.50 | 3.0 | 4.0 |
| 伸 び (%) 155°C | 40.0 | 21.0 | 15.5 |
| 加 熱 減 量 (%) 180°C×30日 | 7.2 | 2.1 | 1.1 |
| 熱膨張係数 (1/°C) | 8.0×10 ⁻⁵ | 7.0×10 ⁻⁵ | 5.2×10 ⁻⁵ |
| 熱 伝 導 率 (kcal/m・h・°C) | 0.13 | 0.15 | 0.15 |

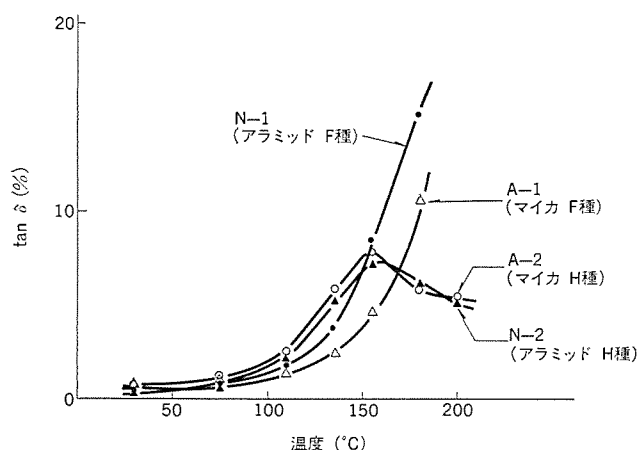


図 2. プリプレグ 積層板の tan δ-温度特性

3. 2 絶縁層の特性

耐熱性樹脂を塗布含浸処理した プリプレグ 材料を コイルの絶縁処理と
同じ条件により板状試料を作り、種々の特性を測定した。

3. 2. 1 電気的性質

絶縁層の tan δ-温度特性を図 2. に示した。

表 3. 絶縁層の物理特性

| 種 類 項 目 | A-1 | A-2 | N-1 | N-2 |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------|----------------|------------------|
| 絶 縁 層 | ベ ー ス | 集成マイカ | 集成マイカ | ノーメック ス® |
| | 樹 脂 | ノボラック系 エポキシ樹脂 | エポキシ複素 環系樹脂 | ノボラック系 エポキシ樹脂 |
| | 樹 脂 含 有 量 (%) | 33~38 | 33~38 | 25~30 |
| 物 理 性 特 性 | 曲 げ 強 さ (kg/mm ²) 20°C | 25.3 | 27.0 | 17.5 |
| | 引張り強さ (kg/mm ²) | 20°C | 17.2 | 18.5 |
| | | 155°C (180°C) | 16.8 | 11.0 |
| | 縦弾性係数 (kg/mm ²) | 20°C | 5447 | 5600 |
| | | 155°C (180°C) | 5310 | 430 |
| | 伸 び (%) 20°C | 0.32 | 0.30 | 8.9 |
| 性 | 線 膨 張 係 数 (10 ⁻⁶ /°C) | 13.7 | 8.7 | 19.7 |
| | 熱 伝 導 率 (kcal/m・h・°C) | 0.17 | 0.18 | 0.16 |

これは コイルの絶縁層の性質を示す代表的な特性であり、プリプレグ
材料に使用する樹脂の種類により tan δ ピークを生ずるものがあるが、
硬化機構の違いにより分子構造が異なっているためである。

F 種あるいはH種の絶縁層は、実機の運転温度域においていづれ
も tan δ の絶対値がかなり低く安定した特性を有していることを示
している。

3. 2. 2 機械的性質

各種 プリプレグ 絶縁層の機械的性質を表 3. に示した。集成マイカはく
(箔)をベースとした A-1 (F 種仕様)、A-2 (H 種仕様) タイプ絶縁層
は、高温においても曲げ強さ、引張り強さの低下はほとんどなく機
械的に信頼性の高い絶縁層である。またアラミッド紙をベースにした
N-1 (F 種仕様)、N-2 (H 種仕様) タイプ絶縁層は、集成マイカベ
ースの絶縁層に比べ縦弾性係数は 1/10 以下で、かつ伸びは 20 倍以上で
あることが大きな特長である。すなわち N タイプ絶縁層では、巻線
の変形によって生ずる曲げ応力が極めて低く、機械的応力に対して
有利な絶縁層であるといえる。耐熱性樹脂を塗布含浸した A-2 及
び N-2 プリプレグ絶縁層は、十分に強い機械的強度をもち、信頼性
の高い絶縁層であることが分かる。

3. 2. 3 熱的性質

絶縁特性を評価する際、通常は常温において行われるが、むしろ高
温での特性評価を行い確認しておく必要がある。実用機 コイル での
熱的評価は 3. 3. 3 項で述べるが、ここでは絶縁層を 180°C、200°C、
220°C の各温度で長時間加熱劣化させ、曲げ強さが初期値より 20 %
低下した時間を、アレニウスプロット する方法により検討した。

この結果を図 3. に示すが、プリプレグ絶縁の耐熱性を評価するた
めに F 種絶縁として実績のある真空含浸方式のダイヤエポキシ絶縁方
式を相対比較する意味で併記した。

プリプレグ 絶縁層は、F 種含浸方式に比べ N-1 は同等、N-2、A-2

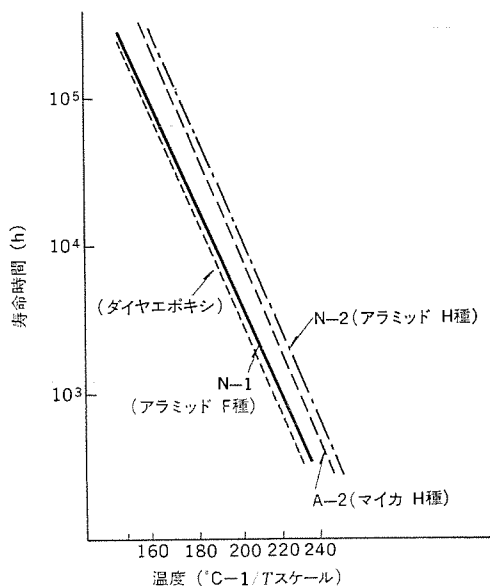


図 3. 寿命時間と温度の関係

は H 種相当の耐熱寿命温度を有するものであると判断できる。

3.3 コイルの絶縁特性

3.3.1 電気的性質

実機相当のコイルを用いて電気的特性を測定した。結果の 1 例として $\tan \delta$ -電圧特性を図 4. に、絶縁破壊電圧のワイブル分布を図 5. に示す。3 種類のコイルは機器の定格運転電圧 (2 kV/mm の電界近辺) まで平坦な $\tan \delta$ 特性を有しており、短時間の絶縁破壊電圧の分

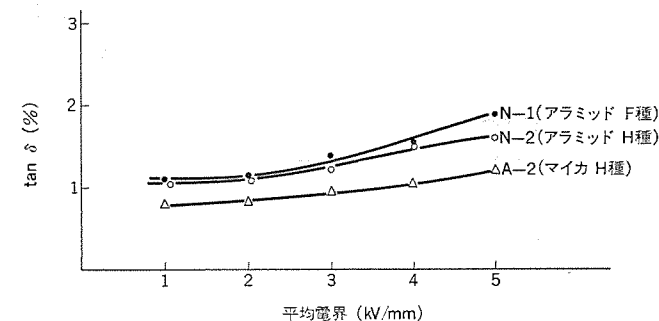


図 4. $\tan \delta$ -電圧特性

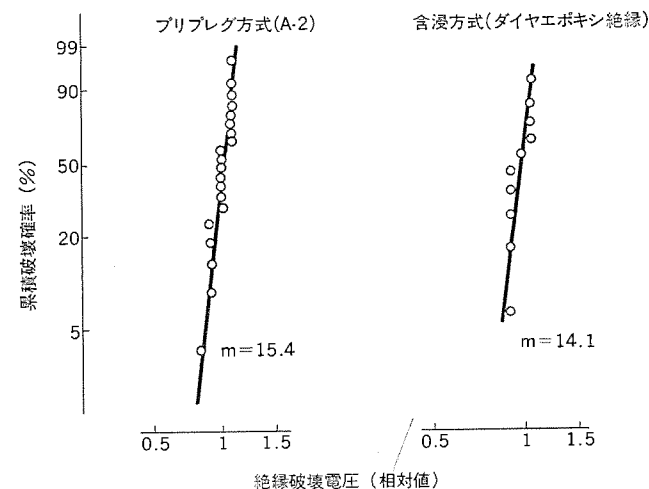


図 5. 絶縁破壊電圧のワイブル分布

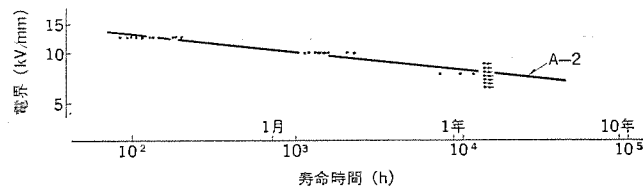


図 6. プリプレグ絶縁の V-t 特性

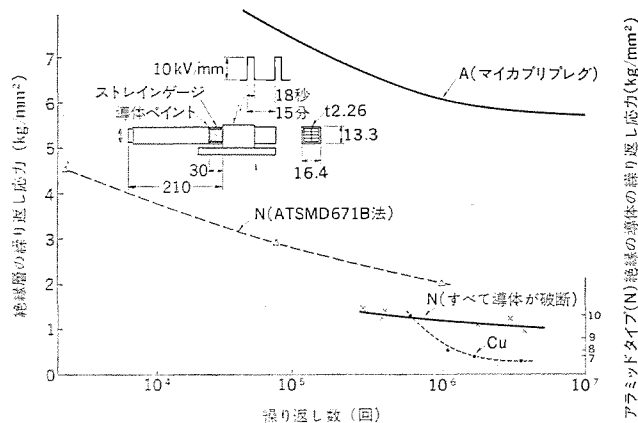


図 7. 曲げ疲労特性

布も、含浸方式と同様極めて大きな形状パラメータを有し、ばらつきが少なく均質な絶縁層であることを示している。なお、部分放電開始電圧は定格線間電圧以上であり、コロナフリーの絶縁層となっている。図 6. はマイカプリプレグ絶縁の V-t 特性を示したもので、常規運転電界における寿命は極めて長く信頼性の高い絶縁組織である。マイカを使用しないプリプレグ絶縁方式は、従来の高分子フィルムを基材とした絶縁と同程度の V-t 特性を示した。

3.3.2 機械的性質

機械的な衝撃、振動及び電磁力による巻線変形など繰り返し応力に対する信頼性は(把)握するためにモデルコイルにより繰り返し疲労試験を実施した。試験方法はコイルを片持ばりとして支持し、その先端に種々の大きさの両振り繰り返し定変位を加えて、かつ初期破壊電界の約 1/2 に相当するチェック電圧を印加して破壊した点を寿命としたいわゆる S-N 曲線を求めるものである。図 7. にその試験条件及び結果の 1 例を示す。

高圧回転機の突発短絡時にコイル絶縁層に生ずる最大応力は 3.6 kg/mm² 程度と予測されるが、マイカプリプレグ絶縁層はその応力に対しても 1×10^7 回以上の繰り返し応力に十分耐え得る機械的性能の優れた絶縁層である。

また、アラミッド紙主体の絶縁層 (N タイプ絶縁層) は、縦弾性係数が極めて小さいため絶縁層の疲労破壊応力まで応力を上げる以前に導体の曲げ応力が銅の疲労破壊応力を越えすべて絶縁破壊以前に導体が破断した。すなわち、常識的な絶縁構成範囲であれば N タイプ絶縁層は疲労破壊の恐れはまったくない。なお、参考までに N タイプ絶縁層の ASTM-D-671 B 法による繰り返し振動疲労試験結果を併記した。

3.3.3 熱的性質

回転機コイル絶縁層に必要とされる熱的性質として熱安定性、耐ヒートサイクル性があげられる。耐ヒートサイクル性は 3.3.4 項の総合性能評価で述べるとして、熱安定性には絶縁組織自体の熱安定性と、

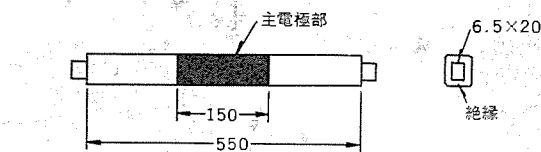


図 8. テストバー

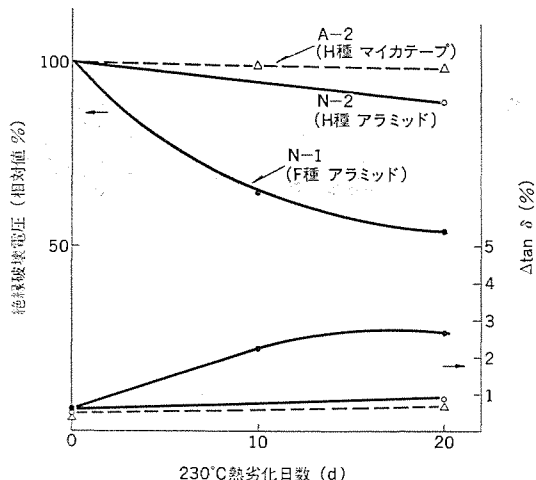


図 9. 熱劣化による特性の変化

その温度を相対的に決定づける熱伝導率をとりあげた。

プリプレグ絶縁の熱安定性を評価するために、図 8. に示すテストバーサンプルを用いて熱劣化前後の特性をチェックし熱安定性が良好であることを確認している。結果の 1 例を図 9. に示す。図中 $\Delta \tan \delta$ とは 5 kV/mm における $\tan \delta$ 値と 1 kV/mm における $\tan \delta$ 値との差である。

3. 2. 3 項の熱的性質とあわせて考慮するとこの絶縁組織は F 種、H 種として十分な性能を有していると判断される。

熱伝導率の測定には ASTM-D-2326-64 T 法などが用いられているが、絶縁層の製法や鉄心、コイル間の空けき(隙)などの諸因子の影響を含むデータが得られない。そこで筆者らは、次に述べる簡易式測定法を開発し実機の見かけの熱伝導率を算定した。モデルコイルを用い各種の絶縁を施した後鉄心相当部に仮スロットを取付け、仮スロット端面とコイル表面の空隙には水の浸入を防止するパテ状物を用いて目止めを行う。このコイルは十分大きな水そう(槽)中にセットされ通電加熱により 60℃ 前後の導体温度となるよう電流制御が行われる。この期間中仮スロットと水温との温度差が無視できる程度 (0.3℃ 以下) まで水槽内の水は機械的にかくはんされる。通電加熱による発熱量と各部の温度、コイルの定数から総括伝熱係数 kt は

$$kt = q / S \cdot \Delta T \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 q : 発熱量

S : 該部コイル表面積

ΔT : 導体温度と水温との差

また熱伝導率 kc は

$$kc = q \cdot t / S \cdot \Delta T \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 t : 絶縁層の厚さ

で与えられる。なお実際にはスロット部とコイルエンド間で導体を介した熱の移動が生じるため熱量の比率を実験的に検証し、 ΔT を補正し算出した。結果を表 4. に示すがプリプレグ絶縁方式は全含浸方式と同様に良好な熱伝導率を有していることが分かる。

表 4. 各種絶縁組織の熱伝導率

| 絶縁方式 | スロット部 絶 縁 | コイルエン ド部絶縁 | 熱伝導率 (kcal m ⁻¹ h ⁻¹ deg ⁻¹) | | | |
|---------------|--------------|---------------|--|-------------|-----------------|-------------|
| | | | 制作後 (劣化前) | | 劣化 (230℃ 10日) 後 | |
| | | | スロット 部 | コイルエ ンド部 | スロット 部 | コイルエ ンド部 |
| 全含浸方式 | アラミッド紙 | アラミッド紙 | 0.174 | 0.164 | — | — |
| 全含浸方式 | カプトン/アラミッド紙 | カプトン | 0.176 | 0.226 | 0.134 | 0.190 |
| 含浸方式 | アラミッド紙 | アラミッド紙 | 0.173 | 0.160 | 0.135 | — |
| 含浸方式 | 集成マイカ | 集成マイカ | 0.166 | 0.164 | 0.147 | 0.159 |
| N-2 (プリプレグ方式) | アラミッド紙 | カプトン (K-2) | 0.173 | 0.299 | 0.136 | 0.262 |
| A-2 (プリプレグ方式) | 集成マイカ | 集成マイカ | 0.170 | 0.197 | 0.138 | 0.170 |

3. 3. 4 総合機能評価

以上述べたように電気的、機械的、熱的な個々の劣化要因に対しては信頼性の高い絶縁組織であるが、高ひん度で複雑な制御が行われる鉄鋼圧延用主電動機などの大形回転機にはヒートサイクル特性の検討が必要となってきた。

三菱電機における実運転状態を模擬した総合的なヒートサイクル試験は、総合機能評価試験と称し昭和 36 年以來、かずかずの絶縁組織について実施している。既にタービン発電機用⁽²⁾をはじめ水車発電機用⁽⁶⁾、高圧誘導電動機・電車電動機用⁽³⁾や低電圧回転機用⁽⁷⁾等の試験設備を有し、かずかずの新絶縁を開発してきたが、今回新たに大形電動機用の試験評価装置を開発した。

図 10. に装置のブロック図を、図 11. にモデルの設置状況を示す。この装置の主な特色は冷却水の流れる基準ばりにあり、軸方向、周方向のコイル、鉄心やコイル支持部の絶対変位が測定でき、局所的な応力集中が分かるため、巻線固定法の検討ができることにある。もちろん、鉄心との間の相対的な永久変位や他の仕様については既設機と同様、十分な容量をもっている。ヒートサイクルによるコイルの変位の様相を図 12. に参考までに示す。図より弾性係数の差に従い、伸び特性が変化していることが分かる。このモデルに関し、局所的な応力集中はみられなかった。

試験結果を図 13. に示すが、耐ヒートサイクル性に対してもアラミッド

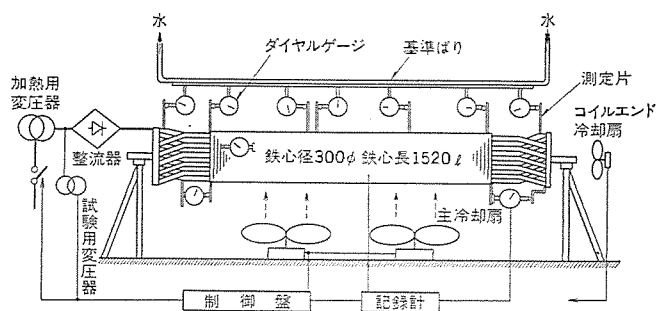


図 10. 総合機能評価試験装置ブロック図

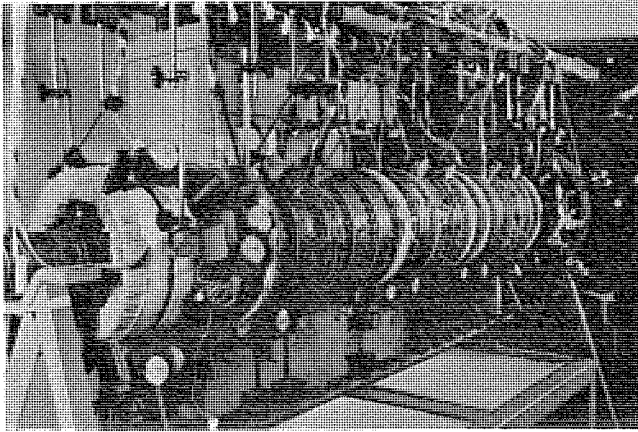


図 11. 総合機能評価試験装置

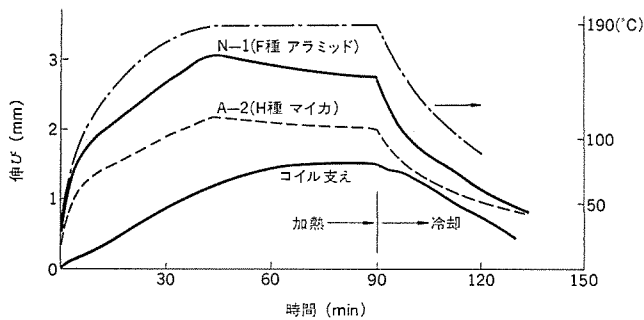


図 12. ヒートサイクルによる変位

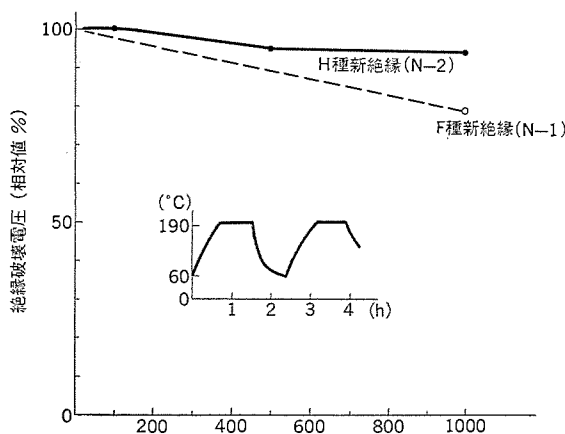


図 13. 総合機能評価試験による絶縁破壊電圧の変化

ド紙主体のプリプレグ絶縁層は良好な特性を示す絶縁組織であることが分かる。

3. 3. 5 実用機コイルの絶縁特性

プリプレグ絶縁方式は水車発電機、高圧誘導電動機の一部や大形直流電動機などに適用されるが、図 14. には 3,750 kW の圧延機駆動用電動機への適用例を示した。本機はプリプレグ絶縁の採用により絶縁厚さが 15 % 減じ耐熱階級 H 種となったものであり、現在客先にお

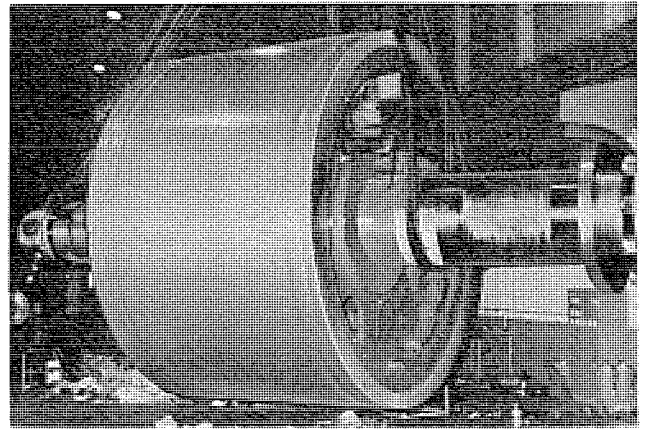


図 14. プリプレグ絶縁方式による直流電動機 (3,750 kW)

いて順調にか(稼)動中である。

4. む す び

以上、新しく開発実用化した各種プリプレグ絶縁方式及び代表的な諸特性について紹介した。このプリプレグ絶縁方式では適切な薄葉材料と熱硬化性樹脂を開発することはもちろん、コイルに適合する製造技術の開発、改良が必要である。

三菱電機では各種薄葉材料、集成マイカや熱硬化性樹脂の基礎的、応用的研究成果と、工作技術の不断の蓄積とが相まって絶縁特性の優れたプリプレグ絶縁方式を確立させることができた。

プリプレグ絶縁方式によるコイルの絶縁特性を要約すると、

- (1) 個々の回転機に必要とされる個有の電氣的、機械的特性に対応できる各種の絶縁組織を提供できる。
- (2) 電氣的特性が非常に良好である。
- (3) 耐熱性が優れており F 種、H 種以上の耐熱寿命を有している。
- (4) 長期間のヒートサイクルに対しても絶縁破壊電圧値の低下が少なく長寿命である。
- (5) 万一の場合、短時間での絶縁修復が可能である。

三菱電機では、更にプリプレグ材料と工作技術の改善をはかり、含浸方式では発揮することの困難な絶縁性能を必要とする各種の回転機への適用の拡大と信頼性の、より一層高い絶縁方式を開発すべく努力を続けている。

終わりにあたり、長期にわたってこの絶縁方式の研究開発にご指導、ご協力いただいた関係各位に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 下地ほか：三菱電機技報，48，No. 3，321 (昭 49)
- (2) 柴山ほか：三菱電機技報，48，No. 3，291 (昭 49)
- (3) 平林ほか：三菱電機技報，48，No. 3，297 (昭 49)
- (4) 伊藤ほか：三菱電機技報，48，No. 3，303 (昭 49)
- (5) 東ほか：三菱電機技報，49，No. 3，193 (昭 50)
- (6) S. Hirabayashi ほか：11 th EIC，90 (1973)
- (7) 脇坂ほか：三菱電機技報，48，No. 3，327 (昭 49)

自動ゴースト除去回路

倉橋浩一郎*・中島義郎*・水谷芳樹*・岩村清志郎**

1. ま え が き

最近、テレビ放送の受信品質向上についての関心が高まっている中で、特に都市域においてビルディングの高層化、過密化などに伴いテレビのゴースト障害を受ける地域が激増し大きな社会問題にまでなっており、障害発生側での対策も各種すすめられてはいるが、障害範囲の広さや原因確認の困難さ、あるいは経済的理由などで完全とは言えず、受信側での対策も強く望まれており各方面で種々研究が行われている⁽¹⁾⁽²⁾。

ところで、現実のゴーストは遅延時間、強さ、位相を異にする複数個のゴーストを含み、受信チャンネルごとにゴーストの出方が違うばかりでなく、時間的な変動を伴っている⁽³⁾ので受信機でのゴースト除去を実用性高いものにするには多様に変化するゴーストに対して自動的に適応するゴースト除去装置の開発がポイントとなるが、まだ決め手となるものは開発されていないのが現状である。

このような状況にかんがみ、我々は自動化を大きなねらいの1つとして、テレビ受信機内で回路的にゴーストを除去する方式の研究を実施してきたが、その第1歩として孤立したゴーストに対してはその強さ、位相の変化に対して自動的に追従する自動ゴースト除去回路を試作したのでその原理、除去実験結果、及びテレビ受信機内で自動除去する場合の問題点などについて述べる。

2. 自動ゴースト除去回路の原理

ゴーストをテレビ受信機内で回路的に自動除去する方式として2つの位相検波回路の出力を演算合成することによってゴーストを除去し、その除去条件の設定をカラーバースト信号を基準信号とする制御回路により行う自動ゴースト除去回路を試作した⁽⁴⁾。その基本回路構成を図1に示す。以下にその動作原理を説明する。

2.1 ゴースト除去の原理回路

(1) ゴーストの式

ゴーストを含んだテレビ電波は搬送波の周波数を ω 、ゴースト波の直接波に対する遅延時間を τ 、振幅比を G とし搬送波分を除いて書く

と、

$$f(t) = a(t) \cos \omega t - b(t) \sin \omega t + Ga(t-\tau) \cos \{\omega(t-\tau)\} - Gb(t-\tau) \sin \{\omega(t-\tau)\} \quad \dots (1)$$

であらわせる。

この式で第1項、第2項は直接波の同相分及び直交分を、第3項、第4項がゴースト波の同相分及び直交分をそれぞれあらわしている。第2項、第4項はテレビ電波が残留側帯信号であるために付随するもので、これがゴーストを大そう複雑なものにしておりゴースト除去対策を困難にしている一因となっている。なお $a(t)$ と $b(t)$ は直交している。

式(1)をテレビ受信機内で中間周波数に変換した形で書くと、

$$f_I = a \cos \omega_I t - b \sin \omega_I t + Ga_T \cos(\omega_I t + \alpha) - Gb_T \sin(\omega_I t + \alpha) \quad \dots (2)$$

となる。ここで $\omega_I = \omega_{\text{LOCAL}} - \omega$

$$\omega \cdot \tau = -\alpha + 2n\pi \quad (n: \text{整数})$$

なお上式では $a(t) = a$ 、 $a(t-\tau) = a_T$ などで略記してあり以下この簡単な表記法を用いる。

(2) 位相検波回路出力

搬送波抽出回路で基準となる位相をもった搬送波を発生し、一方の検波軸 h_1 を合成波位相にあわせると $h_1 = \cos(\omega_I t + \phi)$ であらわせる。ここで ϕ は直接波とゴースト波の合成波の直接波に対する位相である。また、もう一方の検波軸 h_2 を移相回路で h_1 と直角にあわせると $h_2 = \sin(\omega_I t + \phi)$ となる。これらの検波軸信号で式(2)の中間周波信号を位相検波したときの出力 u_1 、 u_2 は

$$u_1 = a \cos \phi + b \sin \phi + Ga_T \cos(\phi - \alpha) + Gb_T \sin(\phi - \alpha) \quad \dots (3)$$

$$u_2 = a \sin \phi - b \cos \phi + Ga_T \sin(\phi - \alpha) - Gb_T \cos(\phi - \alpha) \quad \dots (4)$$

となる。

出力ビデオ信号 x は得られた検波出力 u_1 、 u_2 をそれぞれ係数回路 k_1 、 k_2 を通して加算したのちゴーストの遅延時間 τ に等しくなるように遅延させて得られる信号 $[k_1 u_1 + k_2 u_2]_\tau$ と u_1 とを加え合わせ得られるように構成されている。したがって

$$\begin{aligned} x &= u_1 + [k_1 u_1 + k_2 u_2]_\tau \\ &= a \cos \phi + b \sin \phi \\ &\quad + a_T \{G \cos(\phi - \alpha) + k_1 \cos \phi + k_2 \sin \phi\} \\ &\quad + b_T \{G \sin(\phi - \alpha) + k_1 \sin \phi - k_2 \cos \phi\} \\ &\quad + a_{2T} \{k_1 G \cos(\phi - \alpha) + k_2 G \sin(\phi - \alpha)\} \\ &\quad + b_{2T} \{k_1 G \sin(\phi - \alpha) - k_2 G \cos(\phi - \alpha)\} \quad \dots (5) \end{aligned}$$

式(5)で第1項、第2項は直接波の同相分と直交分、第3項、第4項は残留ゴーストの同相分と直交分、第5項、第6項はこの方式がフィードフォワード形の除去方式であるために出現するもので、一般に孫ゴーストと呼ばれているものの同相分と直交分をそれぞれあらわしている。

(3) ゴーストキャンセル条件

式(5)で

$$k_1 = -G \cos \alpha \quad \dots (6)$$

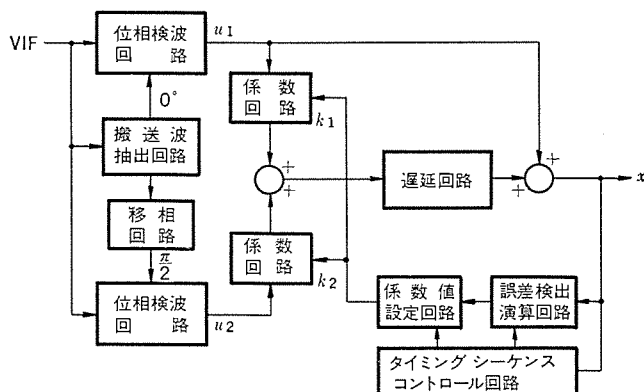


図1. 自動ゴースト除去回路の基本方式回路構成図

$$k_2 = -G \sin \alpha \dots\dots\dots (7)$$

とすると第3項, 第4項は0となる。すなわちゴーストは同相分, 直交分共に除去される。またこの条件下で第5項, 第6項のゴースト分は G^2 程度の小さい値となり一般には無視できる。

すなわち, 図1.の構成で2個の位相検波回路の検波位相の一方を合成波位相に, 他方をこれと直角に設定し係数 k_1, k_2 をそれぞれ式(6), 式(7)を満たすように決めることにより, ゴーストを同相分, 直交分共に除去することができる。

2.2 自動制御の方法

自動化のキープポイントの1つは基準信号として何をを用いるかである。この選定にあたっては実際にテレビ放送されている信号を使わなくてはならない, またゴーストを直接波から簡単に分離するためには無信号期間を使いたいなどを考慮すると, 垂直帰線期間中の水平同期信号とカラーバースト信号を基準信号として用いることが可能である。このうちバースト信号を使えば以下に述べるようにゴースト波の位相も含めたゴースト検出ができる。

(1) ビデオ検波回路出力中のバースト信号

バースト信号に着目すると色副搬送波は片側波帯の領域にあるから色副搬送周波数を p_B とすると

$$a(t) = B(t) \cos p_B t$$

$$b(t) = B(t) \sin p_B t$$

のように書ける。ここで $B(t)$ はバースト信号の存在する時間で1他では0である。したがって式(5)で与えられる出力ビデオ信号 x 中の残留ゴースト分をバースト信号に着目して書けば,

$$x_{BT} = G \cos(p_B t - p_{BT} - \phi + \alpha) + k_1 \cos(p_B t - p_{BT} - \phi) - k_2 \sin(p_B t - p_{BT} - \phi) \dots (8)$$

で与えられる。

(2) バースト検波出力

一方, 出力ビデオ信号 x 中の直接波部のバースト信号を抽出し, これに位相ロックさせた連続波を発生させて, これから一方はそのまま $h_3 = \cos(p_B t - \phi)$, もう一方は 90° 移相して $h_4 = -\sin(p_B t - \phi)$ なる2つの検波軸信号を得, これらで式(8)を位相検波して得られる出力 v_1, v_2 はそれぞれ

$$v_1 = G \cos(p_B t - \alpha) + k_1 \cos p_B t + k_2 \sin p_B t \dots\dots\dots (9)$$

$$v_2 = -G \sin(p_B t - \alpha) - k_1 \sin p_B t + k_2 \cos p_B t \dots\dots\dots (10)$$

である。

(3) バースト信号に対するキャンセル条件

式(9), 式(10)で $v_1 = 0, v_2 = 0$ となる k_1, k_2 を求めると,

$$k_1 = -G \cos \alpha$$

$$k_2 = -G \sin \alpha$$

となるが, この値は先に示したゴーストキャンセル条件を与える係数の値式(6), 式(7)に外ならない。すなわちバースト信号についての残留ゴーストの検波出力が0になるように係数 k_1, k_2 を制御することによりビデオ信号の帯域内の各周波数成分についてのゴースト除去が達成されることを示しており, これにより自動ゴースト除去が可能である。

(4) 係数回路の係数制御アルゴリズム

v_1, v_2 が0になるように係数 k_1, k_2 を制御するアルゴリズムは種々考えられるが, 1例として実際に試作機にとり入れた方法を示す。

(制御アルゴリズム)

- 1° v_1 が正又は0のときは k_1 を小さく, v_1 が負のときは k_1 を大きくするように変化させ, v_2 が正又は0のときは k_2 を小

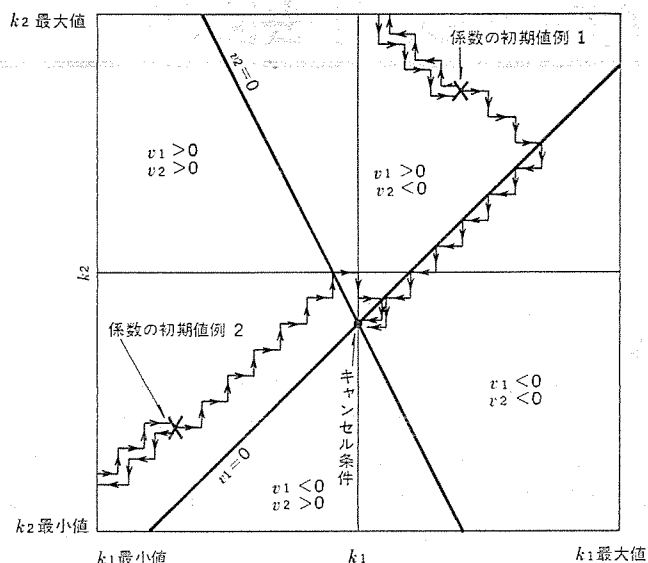


図2. キャンセル条件への収束例

さく, v_2 が負のときは k_2 を大きくするように変化させる。

- 2° 上記1°の動作を繰り返して, 2つの係数回路のうち少なくとも一方の係数値が最大値又は最小値をとれば上記1°の動作を逆転させる。すなわち $v_i (i=1, 2)$ が正又は0ならば k_i を大きく, v_i が負ならば k_i を小さくする方向に変化させる。

とすれば, $v_1 = 0, v_2 = 0$ を満たす k_1, k_2 を求めることができる。1例としてこのアルゴリズムで k_1, k_2 を交互に制御する場合の収束例を図2.に示す。

以上が自動ゴースト除去回路方式の動作原理であり, ここに示したように自動除去に際する基準信号としてバースト信号を利用することにより従来困難であった直交分を含むゴーストの検出, 除去が可能になった。

3. 試作したゴースト除去回路⁽⁵⁾

3.1 基本方式での残留ゴースト量

基本方式でキャンセル条件において残留ゴーストを生ずる原因は, 主として(1)主回路と遅延回路の周波数特性差, (2)検波回路を含めた回路の非直線ひずみ, (3)遅延回路の遅延時間設定誤差である。これらのうち, (1), (2)は実回路の設計の問題であるからここでは詳しく述べない。(3)は方式上の問題である。すなわち, この方式の除去条件はゴーストの遅延時間に対して遅延回路の遅延時間が完全に一致しているとして求められており, このときはビデオ信号の全帯域にわたって残留ゴーストは生じない。しかし, 遅延時間設定誤差があるときには基準信号周波数以外で許容量以上の残留ゴーストが残る。

図1.で, ゴーストの遅延時間 τ と遅延回路の遅延時間 τ' の間の設定誤差を

$$\Delta\tau = \tau' - \tau \dots\dots\dots (11)$$

とすると, 出力ビデオ信号 x は

$$x = u_1 + [k_1 u_1 + k_2 u_2] \tau$$

となり, これに式(3), 式(4), 式(11)を代入し, この方式がバースト信号を基準に係数 k_1, k_2 を設定していることを考慮してこの場合のキャンセル条件における係数の値を求めると,

$$k_1 = -G \cos(\alpha + p_B \cdot \Delta\tau) \dots\dots\dots (12)$$

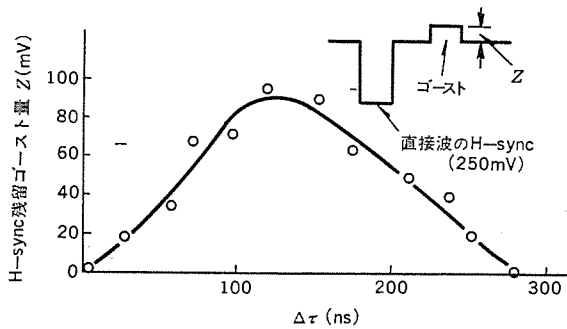


図 3. $\Delta\tau$ による残留 ゴースト 量の変化

$$k_2 = -G \sin(\alpha + p_B \cdot \Delta\tau) \dots\dots\dots (13)$$

である。このとき p_B 以外の周波数での残留 ゴースト R は

$$R = G \cos(p_B t - p\tau) [\cos(\alpha - \phi) - \cos\{\alpha - \phi + (p_B - p) \cdot \Delta\tau\}] \\ + G \sin(p_B t - p\tau) [-\sin(\alpha - \phi) + \sin\{\alpha - \phi + (p_B - p) \cdot \Delta\tau\}]$$

この式で遅延時間設定誤差 $\Delta\tau=0$ のとき R は p にかかわりなく 0 になる。すなわち残留 ゴーストは生じないが、 $\Delta\tau \neq 0$ のときは p_B 以外の周波数に対してキャンセル条件を満たさないでゴーストが残る。図 3. は水平同期信号のゴーストの残留量 z が $\Delta\tau$ によりどのように変化するかを図 1. の構成の試作機で実測したものであり丁度 パースト信号の周期で残留 ゴースト 量 0 の点があられている。

3. 2 試作した除去回路

この残留 ゴーストの問題を解決するには $\Delta\tau=0$ となるような制御を行うか、あるいは $\Delta\tau$ があってもよい方式にするかの 2 通り考えられるが、前者は実際上検出が困難であり、ここでは後者の一方法として水平同期信号も制御の基準信号として導入した方式を試作した。すなわち、図 4. に示すように、検波出力 u_1 を高域成分と低域成分に分離して、高域成分は検波出力 u_2 とともに パースト信号を基準信号として係数 k_1, k_2 をゴースト除去条件に設定する。パースト信号はビデオ信号帯域の高域成分に存在するから パースト信号に着目すれば図 1. と全く同じとなり、 $\Delta\tau$ があるときのパースト信号の残留 ゴースト 分の検波出力 v_1, v_2 は

$$v_1 = G \cos(p_B \tau - \alpha) + k_1 \cos p_B(\tau + \Delta\tau) + k_2 \sin p_B(\tau + \Delta\tau) \dots (14)$$

$$v_2 = G \sin(p_B \tau - \alpha) - k_1 \sin p_B(\tau + \Delta\tau) + k_2 \cos p_B(\tau + \Delta\tau) \dots (15)$$

これらを 0 とする k_1, k_2 の値は

$$k_1 = -G \cos(\alpha + p_B \Delta\tau)$$

$$k_2 = -G \sin(\alpha + p_B \Delta\tau)$$

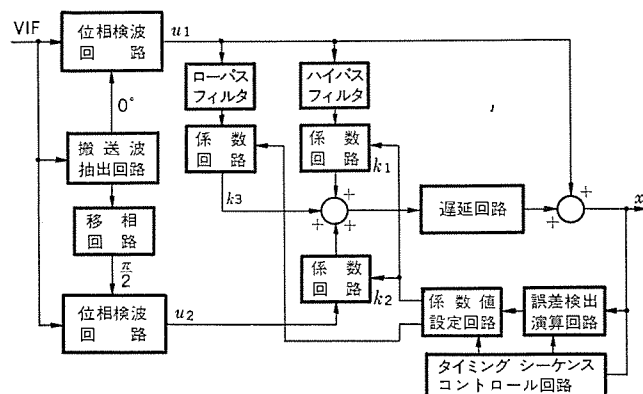


図 4. 試作した自動 ゴースト 除去回路構成図

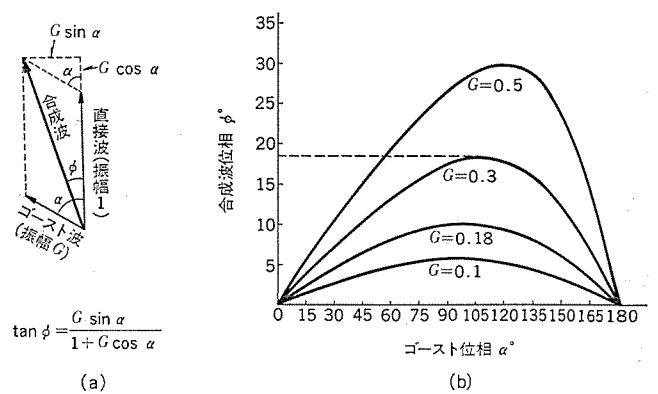


図 5. ゴースト 波位相 α と合成波位相 ϕ との関係

となり $\Delta\tau$ があるときの ゴースト 除去条件式 (12), 式 (13) に一致する。したがって k_1, k_2 の制御 アルゴリズム は原理で述べたものがそのまま利用できる。低域成分は水平同期信号を基準信号としてこの残留 ゴースト が 0 になるように制御する。この制御 アルゴリズム は次のように行われる。

検波出力 u_1 中に含まれている水平同期信号成分は ローパスフィルタを通して ハイパスフィルタではしゃ断される。したがって出力 ビデオ 信号 x を水平同期信号成分 p_{HS} に着目して書けば、式 (5) で同相成分のみを考え、更に $p_{HS} \cdot \tau \approx p_{HS} \cdot \tau'$ が成立することを考慮して

$$x_{HS} = \cos p_{HS} t \cdot \cos \phi \\ + \cos\{p_{HS}(t - \tau)\} \cdot \{G \cos(\phi - \alpha) + k_3 \cos \phi + k_2 \sin \phi\} \\ + G \cos(p_{HS}(t - 2\tau)) \cdot \{k_1 \cos(\phi - \alpha) + k_2 \sin(\phi - \alpha)\} \dots\dots\dots (16)$$

となる。ここで k_3 は第 3 の係数回路である。上式の第 2 項は水平同期信号に対する残留 ゴースト 分 z である。 ϕ は直接波に対する合成波の位相であり、ゴースト 波の位相 α との間には図 5. (a) に示すような関係がある。 G をパラメータにして ϕ と α の関係を図示すれば図 5. (b) のようになり $G=0.3$ 程度の大きい ゴースト でも α がどのように変化しても $|\phi|$ は約 $\pi/10$ よりも小さい。 G がこれ以上になるとテレビ受信機の同期がとれなくなることがあるので、除去回路で扱う G がたかだか 0.3 とすると $\cos \phi$ は $\sin \phi$ に比べて常に十分大きいから式 (16) において k_2 が変化することによる z への影響は十分小さいのでこれを無視して第 2 項のみとり出して書くと、

$$z = \cos\{p_{HS}(t - \tau)\} \cdot \{G \cos(\phi - \alpha) + k_3 \cos \phi\} \dots\dots\dots (17)$$

となり z は k_3 のみの関数となるから係数 k_3 を変化させることにより $z=0$ にできる。したがって水平同期信号に対する ゴースト 除去条件は

$$k_3 = -G \frac{\cos(\phi - \alpha)}{\cos \phi} \dots\dots\dots (18)$$

となる。 k_3 の制御方法としては z が正又は 0 ならば k_3 を小さく、 z が負ならば k_3 を大きくする方向に制御することにより行える。なお、ここに用いた ローパス、ハイパスフィルタは方式上本質的に必要なものではないが、これを用いることにより k_3 が他の係数とは独立に決まるので制御が簡単になるので用いる。

このように構成することにより遅延回路の遅延時間がゴーストの遅延時間に完全に一致していない場合でも残留 ゴースト を十分に軽減できる。特に少なくとも ビデオ 信号中の最も目立ちやすい輝度信号の低域成分並びに色信号成分のそれぞれのゴーストを完全に除去できる効果は大きい。

4. 除去実験

この方式の機能を評価実験するため図4.の回路構成にもとづいた自動ゴースト除去回路を試作し、ゴースト除去動作、自動制御回路の追従動作などの評価実験を行った。除去実験の代表例を写真で示す。図6.～図10.は遅延時間設定誤差 $\Delta\tau=0$ に設定した場合の除去実験例である。図6., 図7.はテスト信号を用いてそれぞれ同相ゴースト($\alpha=0^\circ$)の場合、及び直角ゴースト($\alpha=90^\circ$)の場合について除去の様子を画面写真(部分)と波形で示したものである。なお、同図中、ゴーストのあるテレビ画面の写真では除去回路の動作がよく分かるようにキャンセル信号の位置をゴーストの位置からわずかにずらせてある。いずれの場合もゴースト除去状態においてはゴーストの残留分がビデオ振幅比で -30 dB 以下に改善されている。図8., 図9., 図10.は放送波を用いてそれぞれ $\alpha=0^\circ$, $\alpha=90^\circ$, $\alpha=180^\circ$ の代表的なゴーストについて自動除去した例を示すもので、いずれも1.5ランク程度の改善効果を得られている。図11.(a)～(d)は遅延時間設定誤差がある場合の除去効果の1例を図1.の基本回路構成にお

ける除去効果の場合と比較して示したものである。基本回路では $\Delta\tau$ がある場合残留ゴーストが目立つが図4.の回路では $\Delta\tau$ があっても図1.の回路で遅延時間を完全に合わせたとときと同等の除去効果が得られている。また、遅延時間設定誤差の問題は見方を変えれば複合ゴースト対策の問題である。実験例として時間差 400 ns で重なっている複合ゴーストに対する除去例を図12.に示す。この例からも分かるようにこの方式が複合ゴーストの軽減にも有効である。



(a) ゴースト除去回路なし



(b) ゴースト除去状態

図8. 除去実験例Ⅲ ゴースト条件: $D/U=10\text{ dB}$ $\alpha=0^\circ$ (同相ゴースト)



(a) ゴースト除去回路なし



(b) ゴースト除去状態

図9. 除去実験例Ⅳ ゴースト条件: $D/U=10\text{ dB}$ $\alpha=90^\circ$ (直角ゴースト)

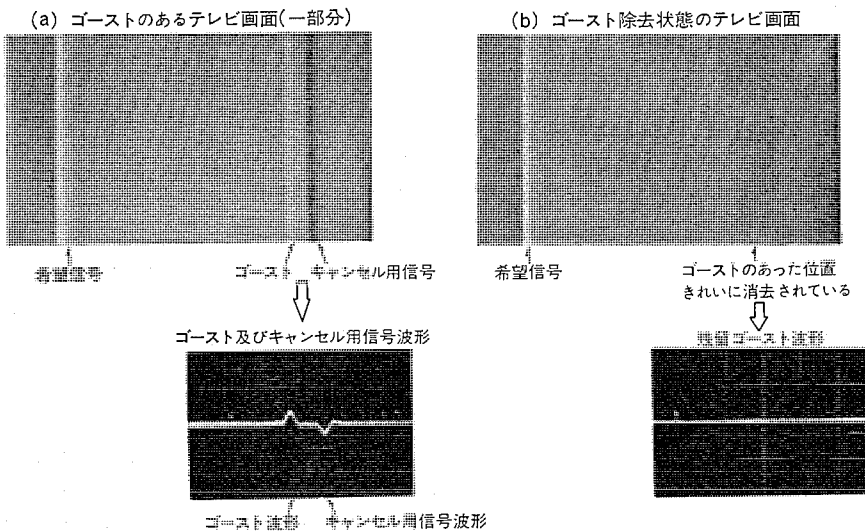


図6. 除去実験例Ⅰ 白黒テストパターン
ゴースト条件: $D/U=10\text{ dB}$ $\alpha=0^\circ$ (同相ゴースト)

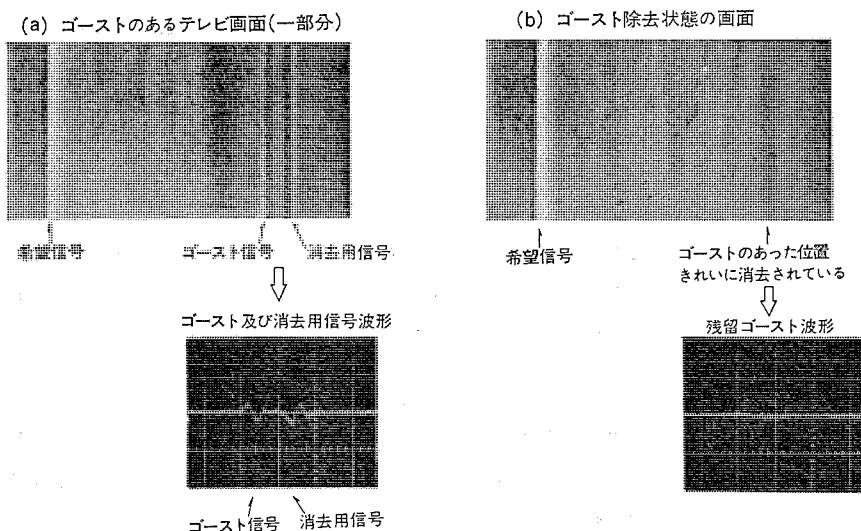
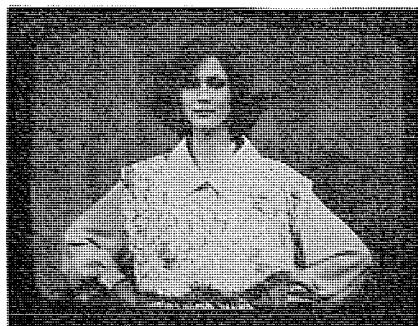


図7. 除去実験例Ⅱ 白黒テストパターン
ゴースト条件: $D/U=10\text{ dB}$ $\alpha=90^\circ$ (直角ゴースト)



(a) ゴースト除去回路なし



(a) ゴーストのあるテレビ画像
(D/U=12 dB $\alpha=180^\circ$)



(b) 図 1. の回路で遅延時間をぴったりあわせたときの除去状態



(b) ゴースト除去状態

図 10. 除去実験例 V ゴースト条件: D/U=10 dB $\alpha=180^\circ$ (逆相ゴースト)



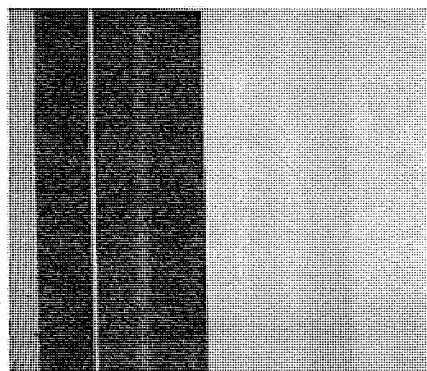
(c) 図 1. の回路で $\Delta\tau=200$ ns のときの除去状態



(d) $\Delta\tau=200$ ns のときの図 4. の回路によるゴースト除去状態

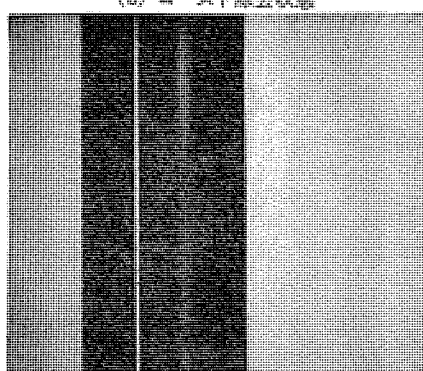
図 11. $\Delta\tau$ があるときの除去効果

(a) 複合ゴーストのあるテレビ画面



希望信号 ($\sin^2 t$ 波形) 第1ゴースト 第2ゴースト
時間差=400ns

(b) ゴースト除去状態



希望信号 ゴーストのあった位置

図 12. 複合ゴースト除去例

ゴースト条件: 第1ゴースト D/U=12 dB $\alpha=0^\circ$
第2ゴースト D/U=15 dB $\alpha=0^\circ$ 時間差=400 ns

5. む す び

2 個の位相検波回路の出力を演算合成することによりゴーストを除去し、その除去条件の設定をカラーバースト信号と水平同期信号を基準信号とする制御回路により行う自動ゴースト除去回路を試作し評価実験した。その結果、孤立したゴーストに対してはゴーストの強さ、位相の変動に対して自動的に除去条件に追従でき、この方式が基本的に有効であることが確かめられた。また、基本方式で問題であった遅延時間設定誤差による残留ゴーストの問題は水平同期信号をも制御の基準信号として導入することにより十分カバーし得ることが分かり操作性が著しく向上するとともに、限定的ではあるが複合ゴーストの場合にもその有効性がみとめられるなど、その適用範囲がかなり拡大した。

しかしながら現実にはいくつかのゴーストが接近して重なり合った複合ゴーストになっていることが多いのでこれに多する対策が不可欠である。今回の水平同期信号も制御の基準信号に用いた方式によりある程度複合ゴーストにも有効であることが分かったがその適用範囲は限られる。したがって今後は今回試作した方式の考え方をベースにして、その特長を生かしながらより実用性の高いものへ発展させるべく研究をすすめている。

なおこの研究は昭和 51, 52 年度放送文化助成金を受けて実施したものであり、ご指導、ご協力いただいた(財)放送文化基金、日本放送協会、(財)電波技術協会の関係各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 平野: 日経エレクトロニクス, 1976 年 2 月 23 日号
- (2) 中川, 鍋山: テレビジョン学会全国大会, 10-7 (昭 51)
- (3) 宮沢, 山口, 遠藤, 藤井: テレビジョン学会無線技術研究会資料, RE 75-33 (昭 51)
- (4) 倉橋, 中島, 水谷: テレビジョン学会方式・回路研究会資料, TBS 47-1 (1978)
- (5) 倉橋, 中島, 水谷: テレビジョン学会全国大会, 8-14 (昭 53)

トランスバース ジャンクションストライプ形レーザダイオード

須崎 渉*・石井 惇**・高宮三郎*・池田健志**・浪崎博文**

1. ま え が き

レーザダイオードは1970年に初の室温連続発振が報告されてから既に8年になる。この間、動作電流を低減するための構造上の工夫⁽¹⁾、動作寿命を伸ばすための結晶の品質や製造技術の改善⁽²⁾⁽³⁾、動作や故障の解析⁽⁴⁾⁽⁵⁾及びこれらに基づく改良が積重ねられてきた。その結果、レーザダイオードは性能や寿命の大幅な改善を遂げ、今日では光通信システムやオーディオ及びビデオディスクシステム等への実用化の途を歩み始めている。

しかしながら、レーザダイオードはまだ数多くの解決すべき問題点を残している。例えば電磁波を放射する発振器として見るとき、レーザダイオードは電力効率、放射スペクトルやパターンのきれいさ等において、マイクロ波発振器や他の発振器には及ばない。また、半導体デバイスとして見るとき、レーザダイオードは動作特性の一様性や安定性、動作寿命や耐環境性などにおいてトランジスタや他の半導体素子には遠く及ばない。製造技術の熟成の度合いにしても同じことが言えるであろう。実用化の途に在って、これらの問題の解決が急務とされていることは言うまでもない。

当社ではTJS (Transverse Junction Stripe) 形という独特の構造のレーザダイオードの開発に既に成功している⁽⁶⁾。TJS形構造はレーザダイオードにおける発振器としての性能を画期的に向上させるものであった。すなわち、世界初の単一モード発振を実現し、しかもマイクロ波発振器程度の電力効率20%を達成するものであった。以来、TJS形を土台としてレーザの特性、信頼性の向上と製造技術上の難点の解消を図ってきた。その結果、TJSレーザを更に発展させた新しい構造を採用することによって上記の特性向上や問題解決に飛躍的前進を見ることができた。

この論文では、従来形構造と新形構造を併せて、TJSレーザの特長を述べ、加えて新構造の利点を明らかにする。

2. TJSレーザの構造と動作機構

この章ではTJSレーザの構造及び動作機構の特長を述べ、他のレーザダイオードとの相違を明らかにする。

初めにレーザダイオードの寸法的なイメージを明確にするためにダイオードの外観と、本体である半導体チップの位置を図1.と図2.に示す。図1.はML-2205形TJSレーザの外観で、レーザ光は主に右端のガラス窓を通して放射される。また、左側のボルト内にはガラス棒が貫通しており、これを通して参照光が放射される。図2.はダイオ

ードをガラス窓側から見た図で、0.1 mm×0.3 mm程度の微小な半導体チップが一端を放熱体に他端をリード線に接続され、ほぼ中心位置に固定されている。

次に、半導体チップ部分の構造と動作機構を説明する。従来のTJSレーザではチップは図3.に示す構造をしている。n形GaAs基板上に形成されたAlGaAs-GaAs-AlGaAsから成るダブルヘテロ接合と、n形層へのZn拡散で形成されたp⁺pn接合を持っている。構造に関する他のレーザとの典型的な相違は、

- (1) ダブルヘテロ接合とp⁺pn接合が交差していること、
- (2) ダブルヘテロ接合ではさまれたGaAs層の厚さが電流の通路を限定していること、及び
- (3) 電流の流れに沿って見るとGaAsのホモ接合レーザになっていること、

である。p⁺pn接合は広い領域にわたって形成されているがAlGaAs内の部分では拡散電位が高いため電流が流れにくく、電流はGaAs層内のp⁺pn接合に集中して流れる。一方、GaAs層がAlGaAs層より高い屈折率を持ち、また、p領域がp⁺やn領域より高い屈折率を持つため光はほぼp形GaAs領域内に閉じ込められる。実に、n層からp層への電子注入がポンピングの役割を果たしているためp形GaAs領域がレーザ発振の活性領域になる。図1.における前面と

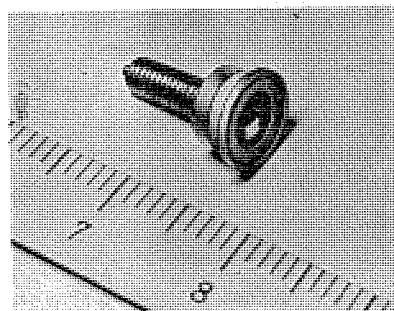


図1. レーザダイオード (ML-2205) の外観

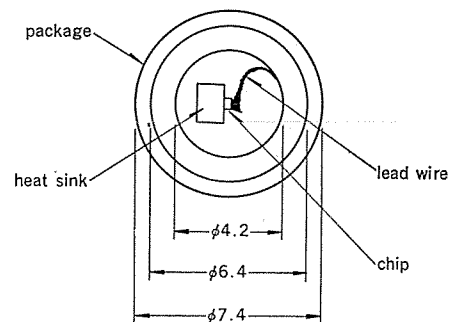


図2. ガラス窓側から見たレーザダイオードの構造

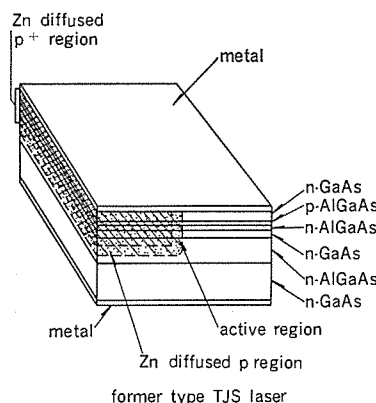


図3. n形GaAsを基板とするTJSレーザのチップ構造

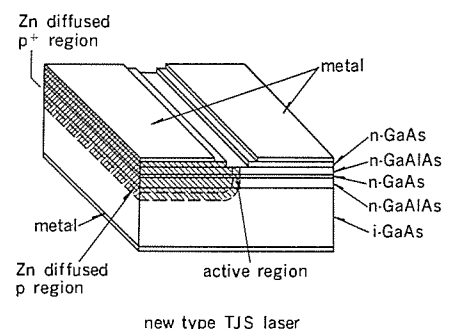


図4. 半絶縁性GaAs基板を用いたTJSレーザのチップ構造

その対向面が共振器を形成していることや、レーザ光が前面方向とその逆方向に放射されることは言うまでもない。Transverse Junction Stripe は上記(1)と(2)の特長を表したものである。

次に新形 TJS レーザの構造と新旧 TJS レーザの構造上の相違について述べる。

図 4. は新形 TJS レーザにおける半導体チップの構造を示す略図である。新形 TJS レーザも先に述べた(1)～(3)の特長を持っている。これら両レーザでは電流通路の幅が精密制御可能な GaAs 層の厚さで決まるため通路をせばめて低電流で動作するダイオードを容易に実現できる。新形レーザは従来の TJS と異なって半絶縁性 GaAs を基板としており、両電極が同一面上に形成されている。すなわち、新形レーザの場合の基板側のメタライズは半導体チップをパッケージにはんだ付けし固定する目的で行われているに過ぎない。電流は表面に近いごく薄い層内を横方向に流れる。従来の TJS レーザは他の半導体レーザと同様に活性領域が放熱体に近い位置を占めるよう up-side-down に組立てられている。一方、新形 TJS レーザの場合には従来の既成概念を全く打ち破って、up-side-up に組立てられている。後に詳しく述べるようにこの組立方向の変化は数多くの利点をもたらした。この変化を可能にしたのは、両電極を同一面上に配置した構造を採用したこと、及びより本質的な背景としてレーザダイオードの TJS 形化によってしきい値電流が大幅に低減され放熱の要請が大幅に緩和されたことである。新形レーザの消費電力は既に高輝度発光ダイオードのそれを下回る 50 mW 程度に低減されている。

3. TJS レーザの特性

この章では TJS レーザの特性について述べ特長を明らかにする。

3.1 TJS レーザの放射光電力対電流特性 ($P-I$ 特性)

レーザダイオードの $P-I$ 特性で重要なのは、低電流でレーザ発振を起し放射光が立上ること(低しきい値電流)、及び立上がり後の電流変化に対する放射光電力変化の割合が高く(高微分効率)かつリニアリティが良いことである。

図 5. は TJS レーザにおける $P-I$ 特性の例である。現在までに報告されている他のレーザダイオードの多くは 100 mA 程度のしきい値電流を持っている。TJS レーザの場合には図 5. の例のように 20~30 mA 程度とはるかに低い電流で発振する。この点が TJS レーザの特性上の第 1 の特長である。しきい値電流が低いため電力効率が高く発熱量が少ない。この点は熱的な制約を緩和し up-side-up 形素子の実現を可能にする基本的な必要条件である。

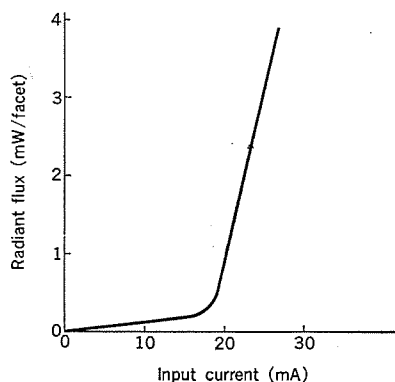


図 5. 放射光電力と入力電流の関係
18 mA でレーザ発振が開始している

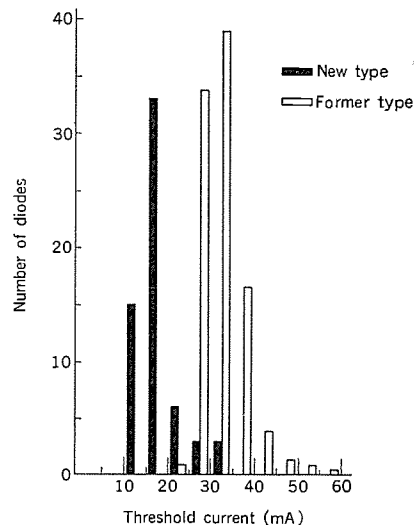


図 6. 新形及び従来形 TJS レーザのしきい値電流分布例

図 6. は従来形と新形 TJS レーザのしきい値電流の分布を示すヒストグラムである。新形 TJS レーザは従来の TJS レーザと比較してもしきい値電流が更に低くなっている。立上がり後のこう配から求められる微分効率は、両面からの光を合わせて、50% 程度である。

TJS レーザにおける特性上の第 2 の特長は、図 5. で示したように、立上がり後の光電力と入力電流の間のリニアリティが高く、しかもいわゆるキックが無いことである。このため TJS レーザはアナログ変調時の高調波ひずみが小さいという利点がある⁽⁷⁾。

3.2 TJS レーザの放射スペクトル

現在世に出ているレーザダイオードの多くは複数の波長の光を同時に放射するいわゆるマルチモードレーザである。TJS レーザにおける特性上の第 3 の特長は単一波長で発振することである。図 7. に TJS レーザの放射スペクトルの例を示す。レーザ光線は単色性に優れ、可干渉性が高いことを特色の 1 つとしているが、その意味では TJS レーザは最もレーザ光線らしい光を放射するレーザダイオードであると言える。単一波長発振は実用面では次のような重要な意味を持っている。例えば、光ファイバは波長分散を持っており、光の単色性が良いほどその伝送帯域幅が広く伝送可能距離も長くなる。したがって、長距離広帯域伝送は単一波長で発振するレーザでなければ実現で

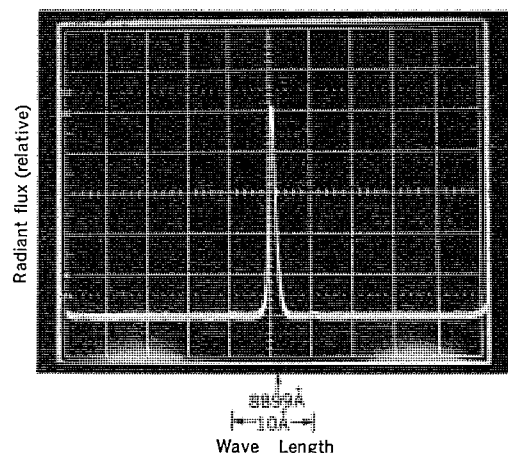


図 7. TJS レーザの放射スペクトルの例
単一モード発振であることが分かる

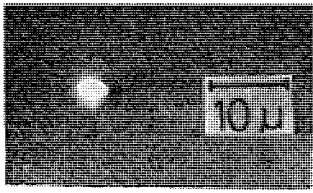


図 8. チップ端面における発光パターン。輝度分布から基本モードで発振していることが分かる

図 9. TJS レーザの放射パターン。ヘテロ接合に平行な面内(//)と垂直な面内(⊥)での光強度の角度分布を示している

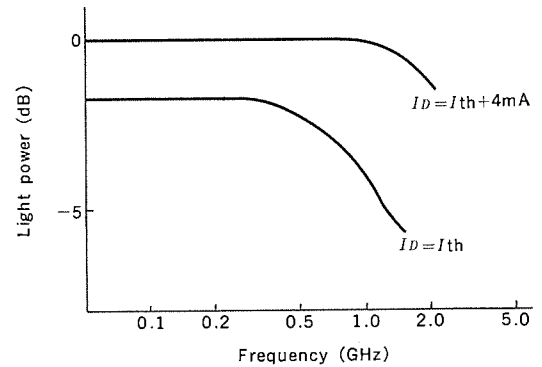
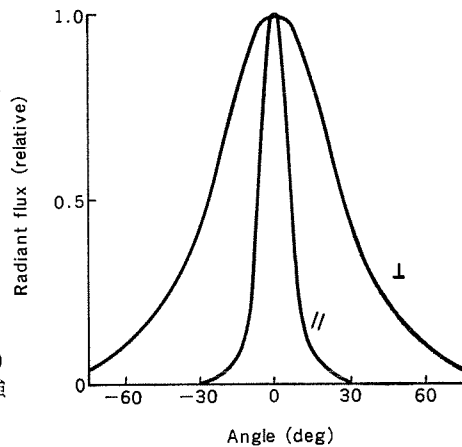


図 10. TJS レーザの変調周波数特性

きない。発振波長は活性領域である GaAs 層の禁制帯幅で決まり、Al の添加量を調節することによって $7,500 \sim 9,000 \text{ \AA}$ の範囲内で制御することができる。

3.3 TJS レーザの放射パターン

言うまでもないが、放射パターンは活性領域の寸法によって大きく支配されている。TJS レーザでは活性領域(厳密には導波領域)は $0.4 \text{ μm} \times 2 \sim 4 \text{ μm}$ 程度の太さのフィラメント状を成している。図 8. は半導体チップの端面位置での発光パターンである。基本波単一モード発振であるため輝度が中心部が高く周辺部では単調に低下している。TJS レーザの場合、端面位置での光電力密度は他の半導体レーザのそれより 1 けた近く高い。この点は特性面の第 4 の特長といえることができる。端面位置から遠く離れた位置で測定した放射強度の角度分布は図 9. のごとくである。ヘテロ接合に平行な面内での放射角度は垂直な面内でのそれより小さくなっている。

3.4 TJS レーザの周波数変調特性

周波数特性において重要なことは高周波まで応答し、かつ低周波から高周波まで平坦な変調特性を持つことである。

図 10. は TJS レーザに直流バイアス電流と交流信号電流を重畳させて印加したときの交流成分光電力と信号周波数の関係を示している。変調特性は 1 GHz 程度まで平坦であり、 2.2 GHz で 1.5 dB 、 3 GHz で 3 dB 低下している⁽⁸⁾。 1 GHz 以上の周波数では受光デバイスや実験系の周波数応答が影響するので TJS レーザ自体はより高い周波数まで応答するものと思われる。他のレーザでは 1 GHz 程度の周波数域で緩和振動を起こすため平坦な周波数特性を得にくい。TJS レーザでは現在までのところ緩和振動は見出されていない。したがって TJS レーザは周波数特性の平坦さに関しても優れたレーザであると言える。この点は TJS レーザの特性面における第 5 の特長である。

4. 新形 TJS レーザの利点

この章では TJS レーザにおける新旧両構造を比較し新構造の利点を述べる。

詳細に見ると両構造にはさまざまな相違点があるが、新構造の利点を生み出している主な相違点は次の 2 点である。

(1) 新形 TJS では無効な漏れ電流を流す領域が大幅に縮小されていること。すなわち、AlGaAs 層内に形成されている p⁺pn 接合や pn 接合には密度が低いとは言え漏れ電流が流れている。図 3. と図 4. の比較から理解されるように、新形 TJS では半絶縁性基板を

利用して電流漏れを起こす領域を大幅に縮小している。

(2) 新形 TJS では陰陽両電極が同一面上にあり、しかも活性領域から離れた位置に配置されていること。

これらのうち、無効電流の低減がしきい値電流の低減をもたらすことは言うまでもない。既に図 6. で示したように、しきい値電流は旧形から新形への変化によって 30 mA から 20 mA へと低減されている。この利点は特に高温の条件下で顕著に現れる。すなわち、従来形 TJS では動作温度上限が 70°C 程度であったが新形 TJS では 110°C 程度へと向上している。図 11. は新形 TJS レーザの P - I 特性の温度依存性を示す例である。 100°C を越えても安定に動作することが分かる。

一方、両電極が同一平面上に形成され、up-side-up 組立てが可能になったことから特性、作りやすさ、耐高温性等の面で数多くの利点が生み出されている。ダイボンド位置が活性領域から遠くなったので新形の場合には放熱体によって光が散乱が無くなり、スムーズでしかもばらつきが少ない放射パターンが得られる。しかも活性領域を短絡させるようなボンディングミスを起こす可能性が解消され、高融点はんだによる接着も可能になった。両電極が活性領域から離れた位置に在るため、他の半導体素子と同様な熱圧着によるリードボンドが可能になり、低融点はんだを使って組立てられた従来のレーザと比較すると耐高温性が著しく向上している。また、従来のレーザでは不可能であったが、新形 TJS レーザの場合には動作中の活性領域の発光分布を側面から観察することができる。

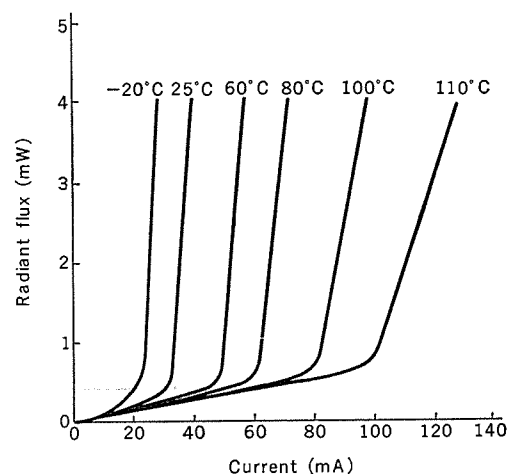


図 11. 新形 TJS レーザにおける P - I 特性の温度依存性

5. TJS レーザの信頼性

レーザ光の電磁界が極端に高くなると結晶が破壊を起こすことが知られている。その限界点では光の電力密度が $3 \sim 4 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ であるとされている。既に述べたように、TJS レーザは他のレーザダイオードよりはるかに高い光密度で動作するレーザであるが、破壊限界密度にはまだ遠く、光密度に起因する破壊例はまだ観測されていない。

従来形 TJS レーザを片面出力 3 mW の条件で自動電力制御をかけ、常温及び 50°C で通電寿命試験を行った。その結果はいずれのデータも常温での平均寿命が 1 万時間強であることを示していた。図 12. に累積故障率の時間的推移の例を示す。

新形 TJS レーザは動作温度限界が向上していることや組立てに使われているはんだ材がより信頼度が高い材料であること、及び組立てによるストレスを受けにくい構造であることから、従来形 TJS レーザより高い信頼性を持つことが予測されている。図 13. は 90°C における高温通電実験の途中経過の例である。常温と比較して約 300 倍の加速率になるので、図 13. における 100 時間は常温で 3 万時間に対応する。現時点での常温 MTF は約 10 万時間であり、試験を継続することによって更に長寿命のデータが得られるものと思われる。

6. む す び

TJS レーザは数多くの優れた特長を持っている。それらが、特性面

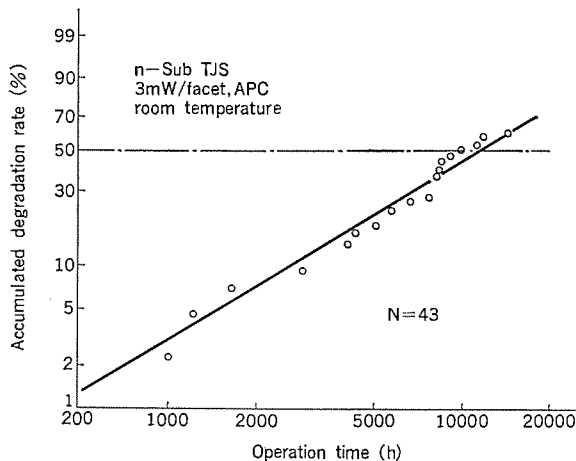


図 12. n 形 GaAs 基板を使った TJS レーザの故障率の推移

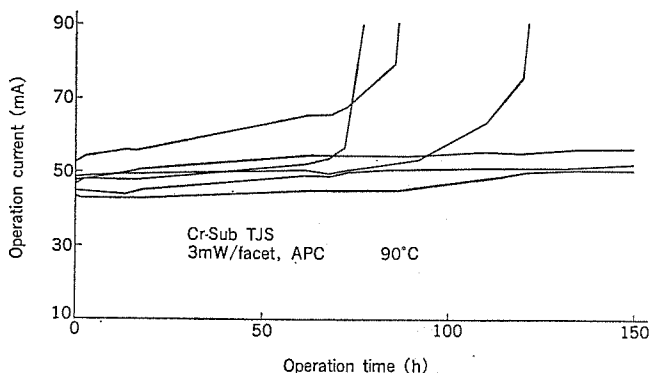


図 13. 新形 TJS レーザの 90°C における動作電流の推移

では

- 第 1 : しきい値電流が低く、電力効率が高いこと
- 第 2 : $P-I$ 特性のリニアリティが高く、キックが無いこと
- 第 3 : 基本波単一モードで発振すること
- 第 4 : 光電力密度が高いこと
- 第 5 : 周波数特性が平坦であること

であり、製造面では活性領域の寸法の精密制御が容易で作りやすいことであることを述べた。また、半絶縁性基板を用いて製作された新形 TJS レーザは従来の TJS レーザと比較して、しきい値電流が低い、動作上限温度が高い、更に作りやすい、高温組立プロセスが利用できる、信頼性が高いなど多くの利点をもたらす、レーザダイオード実用化のための飛躍的前進を可能にした。中でも寿命を 1 万時間から 10 万時間以上へと 1 けた以上伸ばしたことは実用上極めて重要である。また、新形レーザによって製造が更に容易になったことは今後予想される民生機器用レーザダイオードの価格低下に対応する下地になるものと思われる。

up-side-up 形レーザにおける残された問題点は up-side-down 形レーザと比較して本質的に熱抵抗が高いことである。この点はレーザの大出力化を図る上で制約を加えるものと予想される。これを明確にし、制約を克服することが今後の課題であろう。

(昭和 53-8-16 受付)

参 考 文 献

- (1) 末松, 伊賀: オーム社版, 昭和 52 年 7 月 30 日発行, 光ファイバ通信入門, 第 5・3 節に各種の光源が示されている。
- (2) M. Ishii, H. Kan and W. Susaki: Suppression of defect formation in GaAs layers by removing oxygen in LPE, Appl. Phys. Lett, 29, 6, p. 375 (15 Sept. 1976)
- (3) Y. Horikoshi: A New Liquid Phase Epitaxial Growth Method for the Growth of (AlGa) As, GaAs Multilayers, Japan. J. appl. Phys., 15, 5, p. 887 (1976)
- (4) 須崎, 大村, 池田, 石井: TJS レーザの単一縦モードの発振機構, 信学会, 光・量子エレクトロニクス研究会資料, OQE 77-23 (昭 52-6 月)
- (5) P. Petroff and R. L. Hartman: Defect structure introduced during operation of heterojunction GaAs lasers, Appl. Phys. Lett., 23, p. 469 (Oct. 1973)
- (6) H. Namizaki, H. Kan, M. Ishii and A. Ito: Transverse-junction-stripe-geometry double-heterostructure lasers with very low threshold [current, J. Appl. Phys., 45, p. 2285 (June 1974)
- (7) 池田, 松井, 石井, 須崎: TJS レーザの高調波歪, 信学会, 光・量子エレクトロニクス研究会資料, OQE 77-103, (昭 53-2 月)
- (8) 池田, 滝本, 堀切, 須崎: TJS レーザの高周波変調特性信学会, 光・量子エレクトロニクス研究会資料, OQE 78-24, (昭 53-5 月)

LiNbO₃を基板とした光集積回路

中山 高*・野村良徳**・内藤初彦***

1. ま え が き

超広帯域、超低損失の伝送線路である光ファイバを用いた光伝送系は、ようやく実験室的段階から実用化へ進んでいる。光ファイバ伝送系は、電気信号を光信号に変換する発光素子、その光信号を伝送する光ファイバ、その光信号を電気信号に変換する受光素子で構成するのが基本系である。当社では発光素子として、単一モードで発振するTJS半導体レーザ⁽¹⁾、及び球レンズを装てん(填)して光ファイバとの結合効率を高めた発光ダイオード⁽²⁾が開発され市販されている。また受光素子としては、低雑音、高利得のアバランシェ半導体フォトダイオードが開発され⁽³⁾、これも市販されている。

上記光ファイバ伝送系の基本形の機能を増大し、また信頼性を上げるため、発光、受光素子以外の光部品も最近開発されつつある。光部品として開発されたものは、光コネクタ、光分配器⁽⁴⁾、光スイッチ⁽⁵⁾などがあげられる。

現在、光ファイバの伝送損失は、最良のもので1 dB/kmを下回る。光回路素子を伝送系に組み込む場合、接続による損失をできるだけ少なくするため、接続箇所を少なくし、光素子を集積化することが、光伝送系全体にとって有益である。

光素子の集積化は、光通信発展の初期段階から国内外で活発に研究されてきた。シリコン IC とのアナロジーで光集積回路に対する過大な期待のあったことも事実である。また集積化のできる素子の研究が大部分を占め、種々の原理に基づく光素子が数多く発表され、そのうちのあるものは学問的興味に走り、実際に複数個の素子の集積化による実用性の検討がなされていないものがある。

ここでは、光回路素子を複数個、同一基板上に作製して光集積回路としての機能を追求した最近の我々の研究をまとめて報告する。

まず、問題となるのはどのような材料を基板として選ぶかである。GaAsは発光源をも集積する素子と考える場合に最も適していると考えられる。これは半導体レーザ、発光ダイオードがGaAsを基にして作られているからである。しかし、この基板上に作られる光導波路(電気回路でいえば、これは素子間を接続する導線に当たる)の伝送損失が大きく、また後述の光スイッチなどを構成するときに重要な意味をもつ電気光学定数が小さい。これに対して強誘電体の1種であるLiNbO₃は、光能動素子以外の光回路素子の集積化に対して有利である。その理由は、半導体発光素子の波長帯800~900 nmに対して伝送損失が比較的小(1 dB/cm又はそれ以下)であり、光素子に重要な電気光学定数、音響光学的性能指数が十分に大きく、種々の光回路素子の作製に適している。

2章では、回路素子を接続する光導波路をLiNbO₃に作製する条件について述べ、3章では、光スイッチ、光結合器、光分配器の3つを同一基板上に集積して光デュータウエーの光ステーションの機能をもった集積回路、4章では、2つの光スイッチをアレイ化した集積回路を、5章ではこれらの光集積回路の問題点と将来の開発方向を示唆する。

2. 光 導 波 路

LiNbO₃基板上に光導波路を作製するには種々の方法が提案されているが、光波の伝搬モードを規定するに必要なプロセスの容易さ、光伝送損失の低いことに留意して、チタン金属を高温でLiNbO₃内に拡散させる方法を用いた⁽⁶⁾。光導波路のパターン形成はリフトオフ法と呼ばれる方式で行った。すなわち、まず最初に光導波路のパターンのネガティブ図形をフォトリソで作り、その上に一様に希望する光伝送モードを伝送するに必要なチタンの量を真空蒸着でつけて、その後フォトリソを溶解する液にひたし、フォトリソの付着している部分が除去され、光導波路のポジティブ図形がチタン薄膜で形成される。これを970°Cの窒素ガス中で拡散させる(図1.参照)。なぜこのような方法を工夫したかという、チタンを基板であるLiNbO₃を損なうことなしに化学エッチングするのは困難であるからである。

一般に拡散濃度の拡散距離に対する関数形は拡散温度、初期条件によるが、光導波路作成のためには未拡散のチタンが表面に残留しては不都合なので、濃度分布はガウス形となるように条件を設定する。チタン拡散によって屈折率が上昇して、その拡散された部分に光がとじ込められて光導波路となるのであるが、このような屈折率分布の導波路の伝搬モードは、屈折率分布が与えられれば計算で求めることができる。この計算に基づいて実験でモードを確かめたのが図2.である。すなわち蒸着チタン膜の厚さを約53 nm以下、20 nmくらいにすれば、拡散温度970°C、拡散時間7時間で873 nmに対してTE₀モードだけ伝搬する光導波路ができることを示している。もし同じ拡散条件でチタン膜の厚さを53 nm以上にすれば、次の

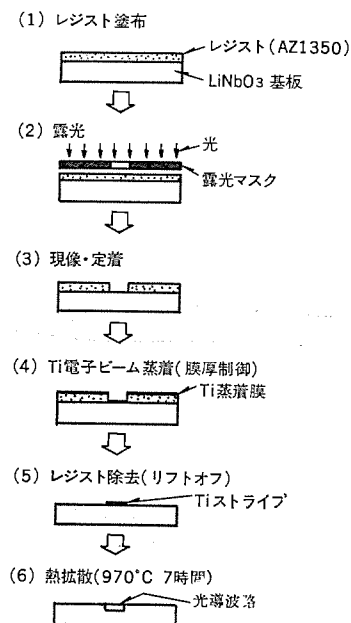


図1. Ti拡散LiNbO₃光導波路の製作方法

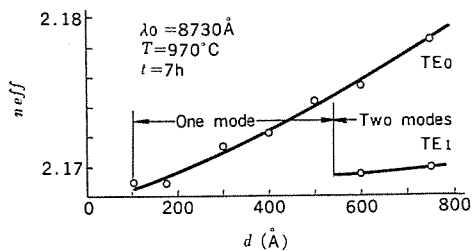


図 2. Ti 拡散 LiNbO₃ 光導波路の半導体 レーザ 光 TE₀ モードに対する実効屈折率 n_{eff} の Ti 膜厚 d による変化

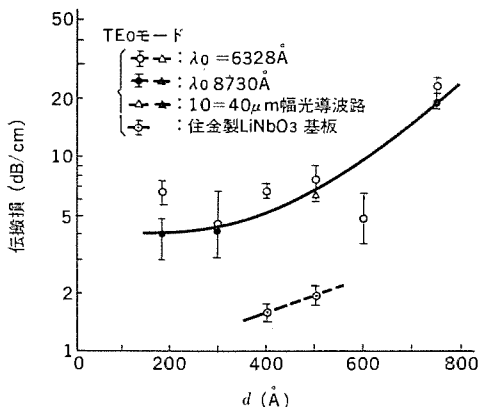


図 3. Ti 拡散 LiNbO₃ 光導波路の He-Ne 及び半導体 レーザ 光 TE₀ モードに対する伝搬損失と Ti 膜厚 d の関係

TE₁ モードも伝搬可能となり、厚さ方向に多モード伝搬となる。光素子の設計上、単一モード伝搬の導波路が必要である。上記の拡散条件で、チタン膜厚を 53 nm 以下に選ぶことによって、容易に希望する光導波路の作成を可能にした。

このようにして作製された光導波路の伝搬損失は、チタン拡散量に関係し、波長 873 nm で 0.5~1.8 dB/cm であった (図 3. 参照)。

次に光素子設計上重要な電気光学定数の測定結果について述べる。電気光学定数とは、電界を加えたとき、屈折率が変化する割合を示す定数で、ここでは特に、電界に比例して屈折率の変化する係数 (ポッケル係数) を利用するのでその測定結果を記す。LiNbO₃ の対称性は C_{3v} で異方性があり、したがってこの定数も電界方向と結晶軸との方向によって異なる値が得られるが、最もこの定数が大きい方向 (3 回対称軸方向) について測定した結果 TE₀ モードでこの定数の実効値は 17.9×10^{-12} m/V であり、バルク結晶の値から計算される値に等しいことが確認された。

また、他の重要な定数である音響光学的性能指数は、ブラッグ回折による光偏向効率の測定から推定した。この値は 7.1×10^{-15} m²/W で再びバルク結晶の値に等しいことが確認された。

3. 光集積回路 - 光データステーション⁽⁷⁾

データウエーはデータステーションをループで接続する通信網である。電気伝送線を光ファイバで置き換えると、電気的サージ雑音に強いデータウエーができる。光データステーションの主な役割は光ファイバから入る光信号を“ローカルデータプロセスユニット”へ伝送するか、又は、ローカルデータプロセスユニットをバイパスして次のデータステーションに光信号を送る。また、更にローカルデータプロセスユニットで発生する信号を光信号に変えてループに乗せることも行う。

図 4. に光データステーションの光回路を示す。①より入った光信号

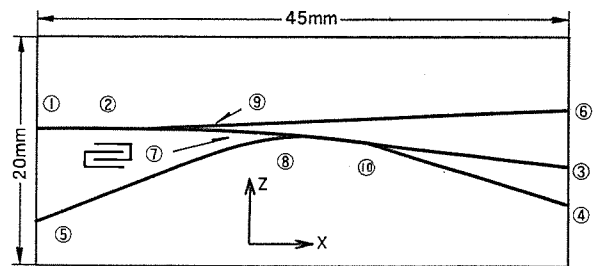


図 4. データステーションの光回路

は光スイッチ②→⑦を通り⑧、⑩を経て③に至り再び光ファイバへ送られる。これはローカルデータプロセスユニットがバイパスされた場合である。①からの光信号がローカルデータプロセスユニットへ送られるときの信号の経路は光スイッチを②→⑨に切換えて⑧へ行く。この端子⑧には受光素子が接続され、光信号は電気信号へ変換されそのステーションの電気回路へ接続される。ローカルデータプロセスユニットで発生した電気信号は端子⑤に接続されている半導体レーザにより光信号となって⑧の結合器で結合され⑩に至る。⑩は分配器でその信号の一部は④で受光素子により監視され、主の信号は③の出力端へ行き光ファイバに結合される。光スイッチ②は、外部電気信号により作動して光路を①か又は⑦へ変える。この光スイッチは音響光学効果を用いたもので以下に詳しく述べる。また、光結合器⑧は Y 分岐の構成で、これも以下に詳しく述べる。⑩の分配器は、光の部分反射を利用したものであり、これも以下に詳しく述べる。

出力端③で、導波光以外の雑音光である基板自身を通ってくる光を避けるため、光導波路は⑦から③までゆるやかに曲げてある。光素子の設計は、波長や伝搬モードに依存する。ここでは半導体レーザの波長 873 nm を用い伝搬モードは TE₀ とした。次に各素子について述べる。

3.1 光導波路

光導波路の作製法は 2 章で詳述したとおりである。光導波路の実効屈折率は⑩から③までの部分を除いては 2.1736 であり、⑩から③までの部分に対しては 2.1690 と低くしてある。この理由は、分配器⑩に必要な反射面を作るためで、次節の分配器で詳述する。①から②の部分を除いた他の光導波路の幅は 215 μm である。直線の部分の伝搬損失は 1.5 ± 0.2 dB/cm であった。また、光導波路が曲がると光が導波路から漏れて損失が増大する。半径を 30 mm にしたときの導波路に沿って光がもれる割合を実測したのが図 5. であり、光導波路の距離に比例しないことが分かる。

3.2 結合器と分配器

図 4. で結合器⑧を、⑤→⑧→⑩と光が伝搬すると約 2 dB の損失が実測された。⑤→⑧→⑩の⑤→⑧→⑦とを比較した“方向性”に関しては、40 dB 以上が実測された。また分配器は図 6. に示す。この図に示すように光導波路の斜線を引いた部分の導波路 1 と導波路 2 の屈折率を、他の部分導波路 3 よりわずかに高くすると、図の折れ曲がり角 θ によって、導波路 1 から入射した光の一部は導波路 3 へ他の光は導波路 2 へ導かれる。実際には斜線の部分の屈折率を 2.1736、導波路 3 の部分を 2.1690 にした。 θ を 5° とし、導波路 1 からの入力光の 1/10 の光量が導波路 3 へ、他は導波路 2 へ行くようにした。

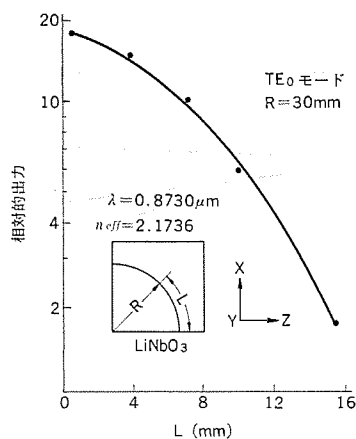


図 5. 円弧に沿って測った伝送損失

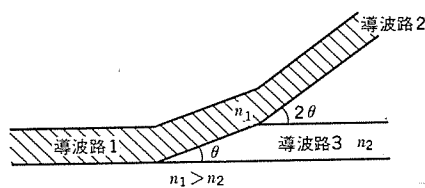


図 6. 分配器の部分

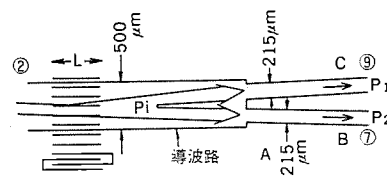


図 7. 電気音響光スイッチ

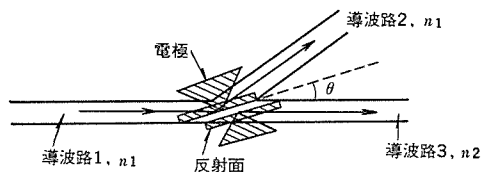


図 8. 全反射形電気光学光スイッチ

3.3 音響光学効果を利用した光スイッチ

この光スイッチの動作原理は、弾性波を送ることによって屈折率分布が弾性波の周期と一致して屈折率の高低の分布を形成し、この屈折率分布によるグレーティングで、光が反射することを利用するものである。ここでは図 7. に示すように、結晶表面にパターン形成された光導波路と、導波路中に基板結晶の圧電効果を利用して表面弾性波を励振するためのくし形電極によって構成される。くし形電極 transducer に交流電圧を印加しないときは光はすっすぐに⑦へ出るが、この電極に約 300 MHz, 5 V rms を印加すると図のように表面弾性波によって屈折率分布がグレーティング状になり、左側から入った光はブラッグ回折され光は⑩へ出る。電極に交流電圧を印加したときを、光スイッチが“on”の状態、印加しないときを“off”の状態と定義すれば、この光スイッチの動作特性は次のように表される。数値は実測値である。

“on”状態: $-10 \log(P_2/P_i) = 9.6 \text{ dB}$, $-10 \log(P_1/P_i) = 2.1 \text{ dB}$

“off”状態: $-10 \log(P_2/P_i) = 1.5 \text{ dB}$, $-10 \log(P_1/P_i) = 9.2 \text{ dB}$

この図で光スイッチの部分の光導波路の幅を 500 μm としたのは、回折効率を高めるため入射光を 2 次元平面波に近づけたためである。

4. 光集積回路 - 光スイッチ アレイ⁽⁸⁾

前章では電気音響効果に基づく光スイッチを述べたが、多数個の光スイッチを 1 つの基板に集積するに適した電気光学効果に基づいた光スイッチのアレイについて述べる。

電気光学効果とは、電界を印加することにより材料の屈折率が変化する効果を意味することは、2 章で述べた。ここではこの効果を利用する新しい形の光スイッチの原理を述べ、次にその光スイッチを 2 個集積して得られる機能について述べる。

図 8. にこの形の光スイッチの構成を示す。基本的な構成は、図 6. の分岐回路の反射面に沿って電極をつけ、反射面の右側近傍に電界を印加できるようにしたものである。

異なる屈折率 n_1 , n_2 の境界に平面波を入射させた場合の反射率は幾何光学で計算され

$$R = \left(\frac{n_1 \cos \alpha_2 - n_2 \cos \alpha_1}{n_1 \cos \alpha_2 + n_2 \cos \alpha_1} \right)^2$$

で与えられることはよく知られている。ここに α_1 は境界面への入射角、 α_2 は屈折角である。ここでは光導波路としたので横方向の幅が 80 μm に制限されている。したがって入射光が平面波でなく、上記の式からずれることが期待される。しかし実際に測定してみる

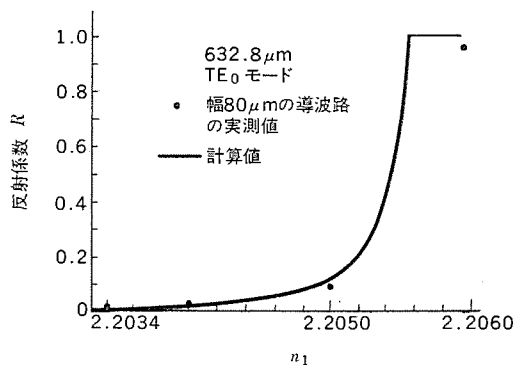


図 9. $n_2 = 2.2024$, $\theta = 5^\circ$ のときの n_1 と反射係数 R との関係

と上式とかなりよく一致していることが分かる。図 9. で実線は上式より計算されたものであり、黒点は実測値である。ここでは $n_2 = 2.2034$, $\theta = 5^\circ$ と一定に保ち、 n_1 を変化したときの反射率 R をプロットしたものである。この実験では、光源は He-Ne レーザ光 (波長 632.8 nm) TE₀ モードで光導波路を励振した。このような基礎データにより、図 8. の光スイッチでは $n_1 = 2.2050$, $n_2 = 2.2036$, $\theta = 2.5^\circ$ にして、電極のギャップを 50 μm にして電極は薄膜アルミで構成した。電極に電圧を印加しない場合は全反射の条件が満足され、光は導波路 1 から導波路 2 へ行き、導波路 3 へは行かない。しかし電圧を印加したときは、反射面の近傍の導波路 3 の屈折率が電気光学効果によって反射し、全反射の条件がくずれ、入射光の一部は導波路 2 へ、他の一部は導波路 3 へ導かれる。更に電圧を高めると遂には導波路 3 の屈折率が導波路 1 の屈折率より大となり、入射光の全部が導波路 3 へ導かれる。どのくらいの電界で光が、導波路 2 から導波路 3 へ切換わるかは、電気光学定数から計算できるはずであるが、電界分布は厚さ方向 (Y 方向) に複雑に変化するので、簡単に計算でもとめることはできない。Y 方向の電界 E_z は計算によると図 10. に示すように複雑である。実際このような電界分布を考慮して、電気光学定数を代入して反射係数 R を計算した。その結果を図 11. に示す。実線はこの補正された R の式より計算したものであり、黒点は光導波路 3 に入った光量、白点は光導波路 2 に入った光量である。ここで実験値と理論値がよく一致していないのは、横方向の制限 (80 μm 幅) が影響して、ここで用いた平面波近似では粗すぎるからと思われる。反射面の不規則による散乱損失は 1.4 dB、消光比は 400 V/μm の電界で 12.4 dB と実測された。

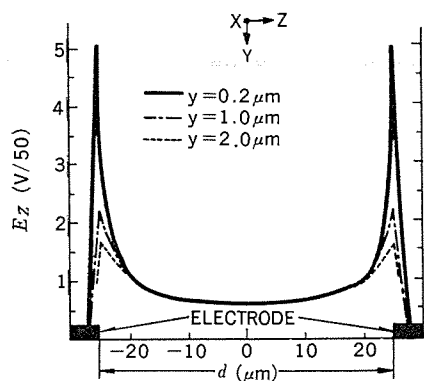


図 10. 50 μm ギャップの電極間の深さ方向の電界分布

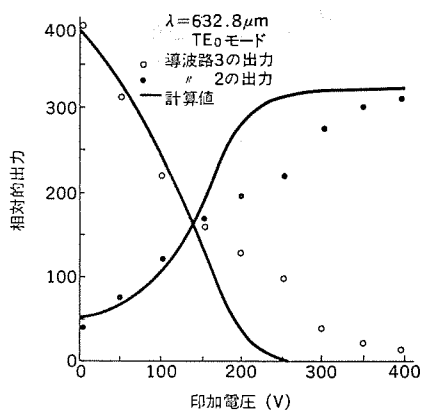


図 11. $n_1=2.2050$, $n_2=2.2036$, $\theta=2.50$ のときの導波路 2 と 3 の相対出力

種々の光スイッチ、結合器、分配器、を集積してその機能特性を評価した。光素子を集積化する際、光導波路の設計は重要な要素であることは、この2つの例で明らかである。素子間の結合線として電気導線は曲げてよいが、光導波路の場合、曲がりにより損失が増すこと、また非導波光は雑音となるので、これを避けるための素子の配置に考慮を払う必要がある。また、次の素子への入力条件として導波路の屈折率、幅を変える必要性、また出力条件として次の素子へ結合しやすいように、導波路の幅にテーパをつけることなど、単なる導線として電気回路で取扱

うように簡単ではない。

しかし最も問題となるのは、光ファイバから光集積回路の導波路への結合である。現在実用化に向かっている多モード光ファイバのコア直径は 35~60 μm で、光集積回路の断面のディメンションより1けた大きいので、大きな結合損を生ずる。光集積用素子の多くは、単一モード光導波路を仮定して設計されるものが多く（例えば方向性結合器形の各種素子）、光導波路のディメンションとして数 μm である。単一モード光ファイバのコア径は数 μm であるので、バットジョイントすれば、1~2 dB の結合損で光ファイバと光集積回路を結合できる。ここに述べた光集積回路は、単一モード光ファイバが実用化される時期には、大いに有用な光回路として、光情報伝送系の高品質化、信頼性向上に役立つものと期待される。

また別なアプローチとして、多モード光ファイバと接続することを前提とすれば、“厚膜光集積回路”が考えられてよいのではなかろうか。この際の光素子の動作原理は現在のものとは全く異なったものとなる。

最後に、特に3章で記述した光データステーションに関して技術指導をいただいた電子技術総合研究所電波電子レーザ研究室長 柏木寛博士に深く感謝する。

参考文献

- (1) H. Namizaki : IEEE J. Quantum Electronics, QE-11, 27 (1975)
- (2) 高宮, 近藤, 白幡 : 信学論 (C), 57-C, 8, 282 (昭 49)
高宮, 近藤, 白幡 : 信学論 (C), 58-C, 4, 217 (昭 50)
- (3) S. Horiuchi, T. Ikeda, T. Tanaka, W. Susaki : IEEE ED-24, 7, 986 (1977)
- (4) T. Matsui, N. Tsukada, T. Nakayama : Trans, IECE Jpn., vol. E, 347 (1977)
- (5) 布下, 野村, 松井, 中山 : 信学技報, OQE-77-119, 77 (昭 53)
森, 清水, 梶谷, 大友 : 信学技報, OQE-77-63, 63 (昭 52)
- (6) 布下, 内藤, 野村, 西, 大林 : 信学論 (C), 60-C, 10, 610 (昭 52)
- (7) T. Nakayama, Y. Nomura, H. Naito, K. Muto, H. Kashiwagi : IOOC '77, 255 (1977)
- (8) H. Naitoh, K. Muto, T. Nakayama : Appl. Optics, 17, 101 (1978)
H. Naitoh, S. Noda, K. Muto, T. Nakayama : to be published, Appl. Optics. 17 (1978-9)

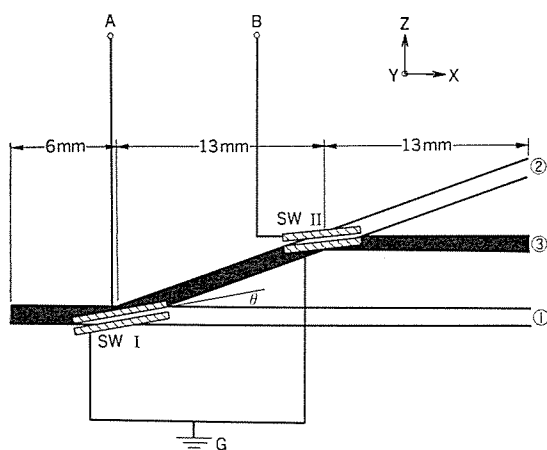


図 12. 光スイッチ 2 個 SW I と SW II の集積化

この光スイッチを2つ直列に接続した集積回路⁽⁸⁾を図 12. に示す。黒い光導波路の屈折率 n_1 は 2.2044, 白い光導波路の屈折率は 2.2036, θ は 2.5° に設定し、光導波路幅は 80 μm とした。出力端子 ①, ②, ③ の出力光量を波長 632.8 nm で測定した。光スイッチの電界は 6 V/ μm である。

光スイッチ SW I と SW II とを on や off にしたとき、出力端の光量の相対値の実測値を以下に示す。

| SW I | SW II | ① | ② | ③ |
|------|-------|------|------|------|
| off | off | 1.92 | 0.05 | 0.01 |
| on | off | 0.02 | 1.80 | 0.05 |
| on | on | 0.01 | 0.01 | 1.80 |

すなわち、光スイッチ SW I, SW II の on・off の組合せで、入力光信号は出力端の ①, ②, ③ のいずれかを選ぶことができることを示す。

以上は2つの光スイッチの集積化により3つの出力端を選ぶことができることを示したが、光スイッチの数を増すことに本質的な困難はないので、もっと沢山の出力端を選ぶような光集積回路を作製できる。

5. む す び

材料定数の特長を生かした LiNbO_3 基板上の光集積回路の試作例を2つ述べた。光源、受光源など能動素子を含まない光集積回路で、

DSA MOS マスタスライス LSI

田中千代治*・中野隆生**

1. ま え が き

現在の電算機は 3.5 世代に位置するといわれ、LSI/MSI の論理回路で構成されているが、更に電算機の演算速度や実装スペースの飛躍的向上をはかるには設計、プロセス技術両面の進歩が必要である。電算機のランダム論理 LSI の具備条件としては多品種少量生産を可能にする経済性、低消費電力かつ高速性能及び開発周期があり、実用化例としてはパイポー ECL (Emitter Coupled Logic) によるマスタスライス方式が報告されている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、ECL ではパッケージの許容電力の点からおのずと集積度に限界があり、経済性面での不利は免れない。今回全イオン注入 DSA (Diffusion Self-Aligned) MOS デバイスを用い、高速論理 LSI の開発を行ったので、その技術内容の紹介を行いたい。

2. 開発のねらい

前述のように、電算機用ランダム論理 LSI の制約条件として、(1) 動作速度、(2) 消費電力、(3) 集積度、(4) 開発周期がある。図 1. は 1 チップ当たりの集積ゲート数に対し、システム構成総発生費用比、チップサイズ、電力・遅延時間積 (PD 積) 一定の場合の消費電力を示す。大集積化により、コスト比率の高いパッケージコストの回収が可能であり、一般にチップ当たりのゲート数が多い程、総発生費用は低減する。一方集積ゲート数の増大に対し、パッケージ許容電力による制限があり、ゲート許容電力の低下とともにゲート遅延時間は長くなる。図 1. では空冷を前提とし、パッケージ許容電力を 3 W、PD 積をパラメータとして図示した。図から PD 積 10 pJ でゲート遅延時間 1~3 ns/G を得るには、チップ当たりのゲート数は 300~900 G となる。一方チップ当たりのゲート数の増大はチップサイズ、ピン数の増大につながり、パッケージへの実装上の制約から 40 ピンで 600 G、120 ピンで 950 G にチップサイズは制限される。以上より LSI 構成デバイスとしては、PD 積が 10 pJ、集積度 300~900 G/チップが既存のプロセス技術で実現可能であり、将来の高性能化にも対処しやすいという点から、DSA MOS を用いた。基本マスタとしては高速化指向、40~80 ピン・パッケー

ジ収納の 600 G と大集積度、120 ピンまで使用可能な 800 G を設定した。(4)の開発周期の早さに対しては全 CAD 化を前提とし、配置・配線プログラムの開発を並行して行った。電算機のライフサイクルはその開発に要する時間の割には短く、最小投資で最大の効果を得るには CAD 化は不可欠である。

3. LSI チップ構成

3.1 デバイス技術

図 2. はこの LSI に用いられた Al-Al 2 層 DSA MOS E-D インバータの断面図を示す。基本デバイスとしてはプロセスパラメータの精密制御が可能な全イオン注入 DSA MOS を用い、開発周期、性能等の使用目的によりポリシリコン-Al 配線のマスタ I と Al-Al 2 層配線のマスタ II を準備した⁽³⁾⁽⁴⁾。

表 1. にこれらマスタ I, II のゲート遅延時間を内部配線長との関連において示す。マスタ I ではポリシリコンは固定配線となり、コンタクト・Al で論理変換を、マスタ II では Al・スルーホール・Al で種々な論理構成が可能である。ゲート遅延時間についてはマスタ I のほうが制約が厳しいが集積度、開発周期の点で有利であり、マスタ II では配線抵抗に起因する遅れの少ない構成となっている。

3.2 チップ構成⁽⁵⁾

マスタ I, II のチップ構成は $m \times n$ セル (マスタ I 50×16 G, マスタ II 52×12 G)、縦チャンネル、横チャンネルの配線層、Al の電源ライン、入出力パッドとボンディングパッドからなる。マスタスライスではゲートの位置と配線領域が固定しているため、むだな面積が生じやすいが、配線領域の使用効率を高めるため、

(1) 接続端子はセルの上辺と下辺にしかなく、マスタ I は同電位の

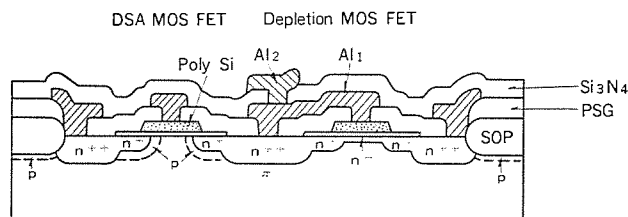


図 2. DSA MOS E-D インバータ断面図

表 1. 内部配線長に対するゲート遅延時間
(2 NOR Gate, 5 mW/Gate)

| Inter-connection length | | | Delay time | |
|-------------------------|---------|---------|---------------|----------------|
| Total (mm) | X* (mm) | Y* (mm) | master I (ns) | master II (ns) |
| minimum | — | — | 1.45 | 1.39 |
| 2.5 | 2.3 | 0.2 | 3.0 | 2.1 |
| 2.5 | 2.0 | 0.5 | 3.7 | 2.1 |
| 2.5 | 1.5 | 1.0 | 5.9 | 2.1 |
| 2.5 | 0.5 | 2.0 | 8.5 | 2.0 |

| | master I | | master II | |
|--|----------|-------------|--------------|--------------|
| | X | Aluminum | 1st Aluminum | 2nd Aluminum |
| | Y | Polysilicon | | |

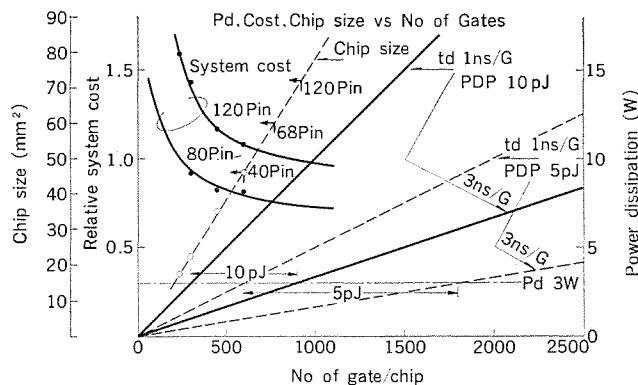


図 1. ゲート数に対する PD, Cost, チップサイズ

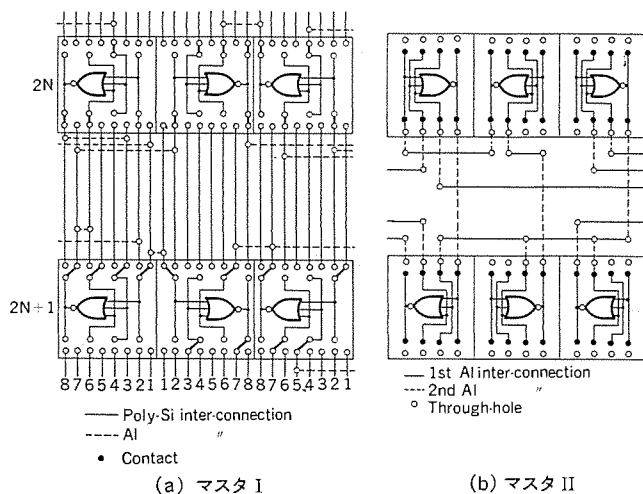


図 3. セル間接続方法

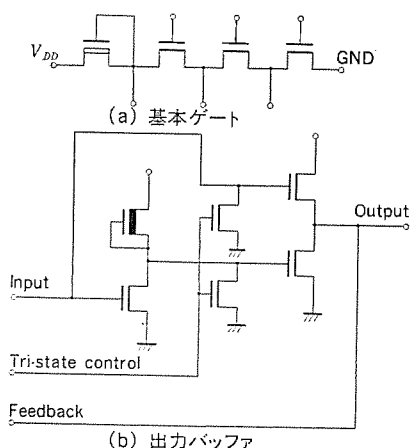


図 4. 基本ゲート及び出力バッファの等価回路

ピンが同一 X 座標の上下 2 か所にあり、奇数段セル列のピンと偶数段セル列のピン位置は 1 ピッチずらせ、マスタ II は段間の入出力接続が容易な配置とする。

(2) 論理ゲートとして使用しないセルは通過用セルとして配線に利用する。

等の工夫をした。図 3. にセル間の接続方法を示す。

図 4. は基本ゲートセル及び出力バッファ回路の等価回路図であり、セルは 1 個のディプレッション・負荷トランジスタと 3 個の駆動トランジスタからなり、これらのトランジスタの寸法は消費電力、ノイズマージン、動作速度から決められる。ゲート遅延時間はセルに加わる出力容量により、ゲートごとに異なるが、ゲート遅延時間の変動を最小に保つには、ゲート寸法を最適に選ぶ必要がある。ノイズマージンに関しては比較的負荷の重い場合には NOR 構成は NAND 構成よりも優れている。標準セルは配線を変えることにより、インバータ、2 NOR、3 NOR と

して使用可能であり、動作速度を犠牲にすれば、NAND 論理も可能である。図 4. (b) はマスタ II の出力バッファの構成を示し、反転、非反転のトータムポール Three-state, オープンドレイン出力がえられる。

4. 自動設計 (CAD) システム

マスタスライス方式の目的は多品種・少量の LSI を能率よく短期間に製造することであり、このため自動設計 (CAD) システムの全面的採用が必ず (須) である。

このシステムは設計論理の照査から LSI 検査のためのテストプログラム自動作成まで LSI 開発に必要な設計作業のほとんどを網羅し設計・製造の標準化、LSI 製品品質の安定化を図り、低価格、短期間でカスタム LSI を提供することを目的としている。

4.1 システム構成⁽⁶⁾

このマスタスライス LSI のための CAD システムの構成図を図 5. に示す。このシステムは次の 6 つのサブシステムにより構成される。

- (1) 設計データベースサブシステム (EDMS)⁽⁷⁾
- (2) 論理シミュレータサブシステム
- (3) 配置・配線サブシステム⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾
- (4) グラフィックデザインサブシステム
- (5) レイアウトチェックサブシステム⁽¹¹⁾
- (6) テストプログラム作成サブシステム

設計データベースは LSI の論理データを保持するだけでなく LSI のパッド位置やセル配列など配置・配線に必要な構造データや論理記述のためのマクロデータなどを保持している。

論理シミュレータは LSI 論理の設計照査のためのシステムであり、論理値 “1” 及び “0” と不定を示す “X” をもつ 3 値又は 6 値のシミュレータでありイベント方式で非同期論理をシミュレートすることができる。また、レイアウト結果に基づき、配線遅れを取り入れ、LSI の論理動作を忠実にシミュレートしハザードを検出する機能も有している。

配置・配線サブシステムは、LSI のレイアウト設計を行うサブシステムであり、配置は (1) 初期配置、(2) 全体配置改善、(3) 局所配置改善と 3 つの手法を使用し最適配置を行っている。また、配線は、配線チャンネルを割当てるチャンネル割当て、セルの端子位置を決定する端子割当て、最終的に配線経路を決定するトラック割当ての各サブログ

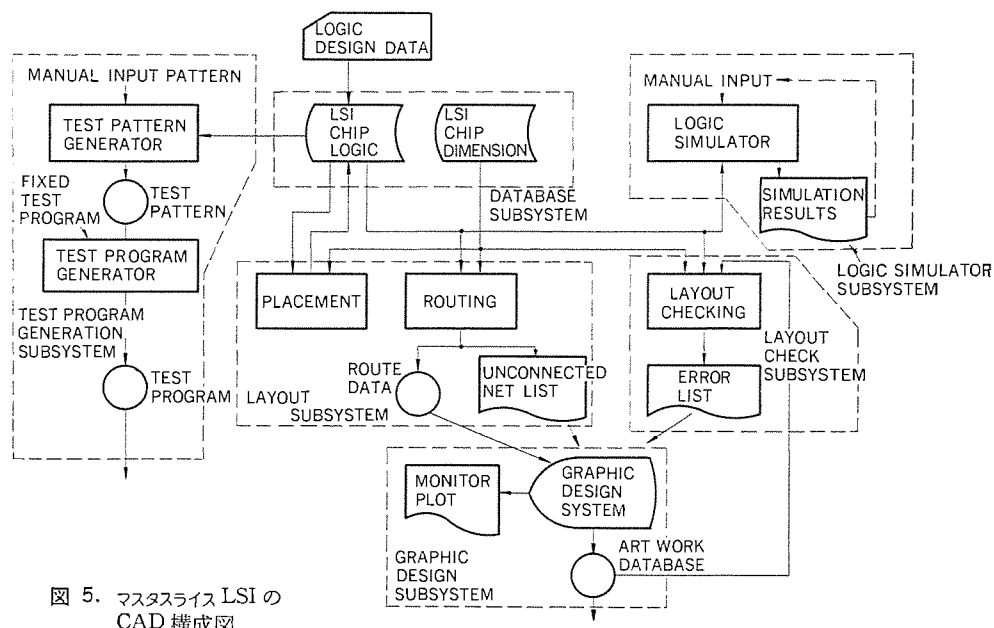


図 5. マスタスライス LSI の CAD 構成図

ラムにより行われ、更に、経路決定不能な配線が生じた場合にはチャンネル割当てを変更する配線補正機能も有している。

グラフィックデザインサブシステムは、上記配置・配線サブシステムで配線不能な配線を手で経路決定を行うためのグラフィックシステムであり、更に、レイアウト結果のモニタ図作成や、マスク図作成のためのパターンゼネレータ用と磁気テープの作成なども行う。

レイアウトチェックサブシステムは、論理データとレイアウトデータの照合を行いこれらの矛盾をチェックするとともに、人手によるレイアウト設計ルールの違反チェックも行う。また、レイアウト設計結果に基づく各信号の配線長を算出し、論理シミュレータによる配線遅れを含むシミュレーションを可能としている。

テストプログラム作成サブシステムは、前述の論理シミュレータを基本とした故障シミュレータであり、各論理素子の入出力端子に縮退形の“1”、“0”故障をそう(挿)入し、これらの縮退故障を検出するテスト入力を作成し、これらのテスト入力よりLSI検査に必要なテスト用テストプログラムを作成するサブシステムである。

テスト入力作成のために故障シミュレータにはランダム入力パターンを入れるが、シミュレーションによる入力パターンやその他の設計者による入力パターンも自由に入力することができるようになっている。また、テストプログラムの自動作成は、故障をシミュレータにより得られた機能テストパターンとデータベースよりの入出力端子信号との対応など必要な情報を処理し、完全なテストプログラムを自動作成するものである。

以上、簡単にこのシステムの機能について記したが、このCADシステムは自動設計に加え各所に設計者の介入が可能となるよう作られていて、設計者の適切な介入により、より品質の高いLSIを短期間で開発できるよう工夫されている。

4.2 CADによるLSI設計方法

このCADシステムを使用してマスタスライスSLIを開発する方法は概略次のとおりである。

論理設計 設計者は、基本ゲートである3 NOR及びシステムに登録されているフリップフロップを用いて論理設計を行うが、繰り返し使用する機能論理に対しては設計者がマクロ論理をデータベースに登録し、このマクロ論理を使用して論理設計を行うことができる。

論理照査 論理照査は設計者が必要な入力を論理シミュレータに与え、その結果を設計者が照査することによって行われる。シミュレーションの方法は論理“1”、“0”及び論理値が不定であることを表す“X”の3値のシミュレーションや、これらの3値に信号の立上がり、立下がり、エラーを表す6値のシミュレーションを行うこともできる。また素子の遅れを標準値やmin-max値で与えシミュレーションを行うことが可能であり、更に、レイアウト設計後は、配線による遅れを考慮してシミュレーションすることが可能であり、論理の機能のデバッグやタイミングを考慮したデバッグなど設計者が意図する方法で論理照査を行うことができる。

レイアウト設計 素子の配置・配線設計は自動的に行われるが、特定素子や特定の配線を手で配置・配線しハザードを生じないよう、また、クリティカルパスを最短配線するよう考慮することができる。また、1つ信号の配線長が極端に長くなる配線による遅延が規定値以上の場合には基本素子を並列に接続し遅れを規定値内に納める機能も有している。

検査プログラム作成 設計者は必要な初期セットパターンや検査パターンを追加し、故障検出率の向上を図ることができる。また、テストプログラム作成に対しては必要なタイミング情報や他の制御情報を与え

個々のLSIに即したテストプログラムを自動作成することができる。

論理・レイアウト修正 論理変更が生じた場合や、配置・配線サブシステムで配線できない部分が生じた場合など人手による変更・追加が必要となるが、設計データベースに対してはTSS端末により、レイアウト設計データについてはグラフィックデザインシステムにより容易に設計データを変更できるよう構成されている。

5. 製品化例

5.1 マスタIによる試作

マスタIを使用し8ビットALUを試作した。この8ビットALUは10進演算、シフト機能を有する720ゲートの回路でチップ当たり消費電力3Wのときゲート当たりの平均遅延時間3nsを得た。

この試作LSIの主要諸元は表2.のとおりであり、同一回路のSSI/MSIに比較し表3.に示すとおりIC66石をLSI1石として、専有面積で約1/4、消費電力で約1/1.6の結果を得た。

この試作により、ポリシリコン-アルミ配線の場合、配線による遅延のばらつきが大きいため非同期回路の論理設計に困難が予想されることが判明したため、次に示すマスタIIにより試作を行い製品化した。

5.2 マスタIIによる製品化

マスタIIの仕様に基づき前記CADシステムの開発を行い、このCADシステムに基づき磁気ディスク制御回路に用いている11ビットまでのパ

表2. マスタI, IIの試作結果のまとめ

| | | Master I | Master II |
|------------------|------------|-------------------|----------------|
| No of Gates | | 800 | 624 |
| No of Buffer | In/out | 116 | 60 |
| | Input only | — | 20 |
| Vcc | | 5 V Single supply | |
| Pd | | 3 W/1.5 W | 3 W/1.5 W |
| Chip size | | 7.68×7.88 | 6.28×6.60 |
| No of Pins | | 120 | 84 |
| Inter-connection | | Poly Si-Al | Al-Al |
| Output Buffer | | Totem pole | Totem pole |
| | | Open drain | Open drain |
| | | | Tri-state |
| Gate circuit | | NOR, Wired AND | NOR, Wired AND |
| Tpd/gates | Min | 1 ns | 1 ns |
| | Ave | 3 ns | 2 ns |

表3. SSI/MSIとマスタスライスI, IIの実装比較

| | | SSI/MSI ASSEMBLY | MAS TER-I LSI ASSEMBLY |
|----------------|-------------------|---|---|
| M A S T E R I | Logic Function | 8 bit ALU Without data latches | 8 bit ALU With data latches |
| | Packaging-Density | 2 boards 75 SSI/MSI's 81 SSI space (size 448 cm ²) | 1 board 1 LSI+9 SSI 19 SSI space (size 104 cm ²) |
| | Power Dissipation | +5 V, 5.6 W | +5 V, 3.6 W (LSI 3 W) |
| M A S T E R II | Logic Function | ECC circuit | Same as left |
| | Packaging-Density | 66 SSI/MSI's 66 SSI space (size 415 cm ²) | 2 LSI+7 SSI's 15 SSI space (size 100 cm ²) |
| | Power Dissipation | +5 V, 11.4 W | +5 V, 5.0 W |

ースト誤り訂正可能な ECC (Error Correcting and Checking) 回路を2石のLSIで実現した。

ECC回路は生成多項式によるサイクリックコードの生成、誤り検出を行う回路であり4つのブロックに分けられた計56個のシフトレジスタと多項式の係数に応じ演算するためのEDRにより構成されている。2個のLSIにおいて、集積度はそれぞれ603, 313ゲートであり使用入出力ピン数はそれぞれ38, 45ピンである。

CADのレイアウトサブシステムを使用してレイアウト設計した結果のフロット図を図6.に示す。CADプログラムの性能評価のため、人手設計、自動設計の結果比較を表4.に示す。配線は主としてセル列間の配線エリアである横方向の配線トラックを用いて行われるが表より必要な全横トラック数(横トラック全所要数)は人手配置・配線と自動配置・配線と大差なく、また、最も混雑する部分の必要横トラック数(最大横トラック必要数)も人手と自動とで同程度である。

これらの結果より、人手配置・配線と自動配置・配線の性能はほぼ同程度であり、自動設計としては優れたシステムであることを表している。

このLSIの諸元は表2.に示すようにゲートの平均遅延時間が2.5nsであり、マスタIの方式より優れている。また、この方式はAl-Al2層配線により配線による遅れのばらつきが少なく配線遅れによる誤動作をほとんど無視することができ、この方式はCADによる配線にも適合している。

これらの理由で製品はこのマスタII方式を採用することとした。

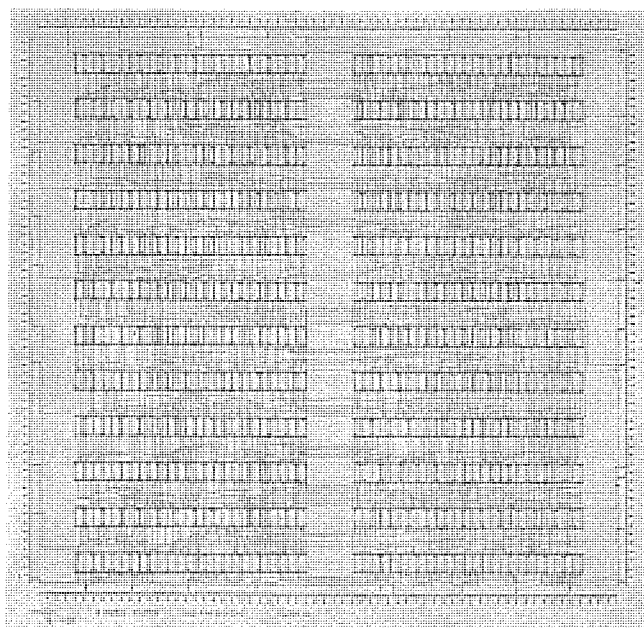


図6. 自動パターンレイアウト図

表4. 人手レイアウト・自動レイアウト結果の比較

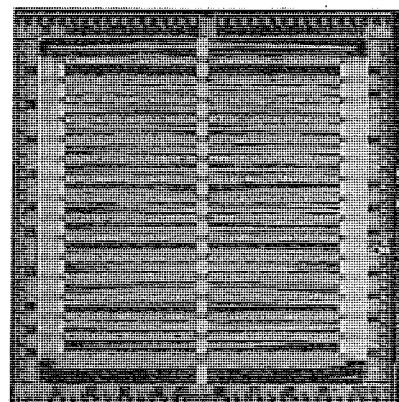
| | Manual place Manual route | Manual place Auto route | Auto place Auto route |
|---|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Necessary max no. of a horizontal truck | 14 | 14 | 14 |
| Necessary total no. of horizontal trucks | 155 | 152 | 146 |
| Ave horizontal truck density | 42% | 46.4% | 42.6% |
| Total horizontal truck Length | — | 23,762 mesh | 21,810 mesh |

この方式による製品化例の諸元は表2.のとおりであり、その効果を表3.に示す。表3.よりLSI化による効果は非常に大きく、マスタIIによるデバイス確立と前述のトータルCADシステムの完成により今後この方式によるLSIの製品がますます普及するものと予想される。

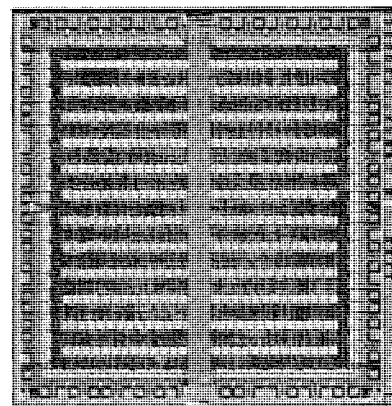
図7.にマスタI, マスタIIで試作したLSIのチップ写真を、図8.に外観写真を示す。

6. 問題点及び今後の方向

電算機用ランダム論理LSIとしてDSA MOS マスタスライスの概要につ



(a) マスタ I



(b) マスタ II

図7. DSA MOS マスタスライスのチップ写真

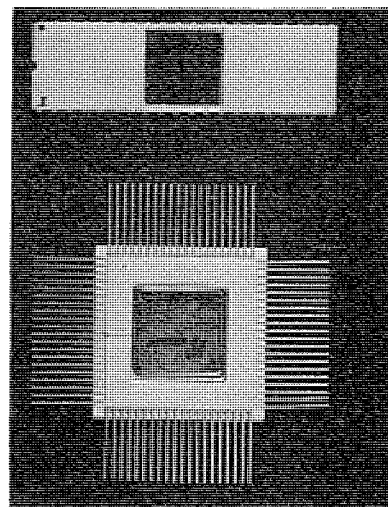


図8. LSIの外観写真

いて述べた。DSA MOS マスタスライスは今後ともパイポーラ ECL, LS-TTL 等との比較において許容電力内でいかに高速化を達成するかが最も大きな課題であろう。以下ゲート遅延時間の定量的取扱いを行い、将来動向について考察する。

6.1 ゲート遅延時間

出力容量はゲートに対して intrinsic な容量 C_i とファンアウトの数に比例した内部配線を含む extrinsic な容量 C_e からなるとすると、

$$P_d \cdot t_{di} \approx k C_i \cdot V_{DD}^2, P_d \cdot t_{de} \approx k C C_i + C_e V_{DD}^2$$

ここで t_{di} , t_{de} は intrinsic 及び extrinsic delay

$$t_{de} \approx t_{di} (1 + C_e / C_i)$$

マスタ I ではポリシリコンが一層配線に用いられ、ポリシリコン抵抗も時間遅れの原因となる。これら抵抗成分による遅延時間は、

$$t_{de} \approx \frac{R}{4} [C_e + 2C_g + \sqrt{C_e^2 + 4C_g^2}]$$

ここで R はポリシリコン抵抗, C_g は次段ゲートの入力容量, 全遅延時間は t_{de} と t_{dr} の和である。

表 1. は上記考察に基づき、内部配線長に対し遅延時間を求めたものであり、マスタ I では内部平均配線長 2.5 mm, 5 mW/G で 3 ns/G, マスタ II では 2 ns/G を得、計算値との良い一致をみた。

6.2 今後の方向

図 9. は種々なデバイス技術を用いて作られたマスタスライス LSI のゲート遅延時間と集積ゲート数の比較を示す。DSA MOS マスタスライスは LS-TTL あるいは ECL のときパイポーラと比べ集積度は 2~3 倍、ゲート遅延時間はマスタ I は S-TTL, マスタ II は ECL と等価な値を示している⁽⁵⁾。

図 10. はゲート遅延時間に対し、消費電力を各種電算機に実用化されている ECL マスタスライス, ECL 及び LS-TTL のゲートアレイとの比較において示す⁽¹²⁾⁽¹³⁾。マスタ I では 15 pJ, マスタ II では 10 pJ であり、電源電圧を 3.5 V まで下げることにより、5.4 pJ まで改善される。更に scaling 論理に従えば、scaling factor を κ とすると、

$$t_d = t_d' / \kappa, P_d = P_d' / \kappa^2$$

となり、 $\kappa=3$ すなわち現状の 1/3 のデバイス寸法にすると $t_{pd}=0.7$ ns/G, $P_d=0.55$ mW/G となり、消費電力が現状の 10~20 分の 1 となり、かつ遅延時間は ECL 同等の性能を得ることが期待できる。 $\kappa=3$ は現状の設計基準から考えるとまだ光学露光法の範囲内にあ

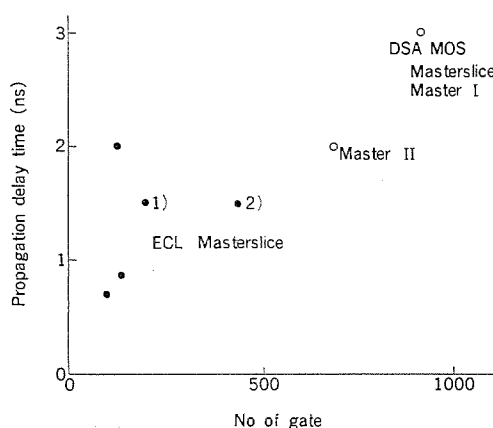


図 9. 各種マスタスライスのゲート数に対する遅延時間

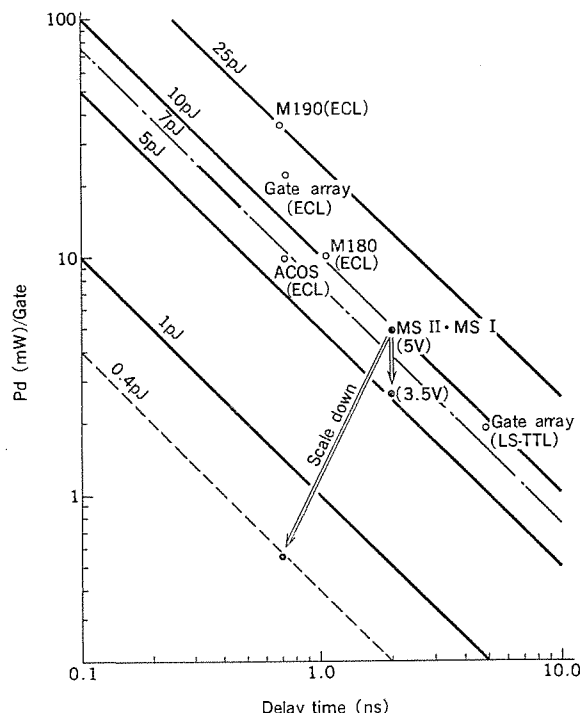


図 10. 各種マスタスライスの遅延時間に対する消費電力とスケールダウンデバイスの性能

り、高速・大集積 MOS 論理 LSI の応用分野の進展が期待できる。終わりに DSA MOS マスタスライスの開発にあたり、種々ご数示、ご尽力いただいた関係各位に感謝致します。

参考文献

- (1) A. Masaki, Y. Harada and T. Chiba : ISSCC Dig. Tech. Papers, pp. 62~63 (1977)
- (2) T. Ishitani, H. Kodama and T. Sudo : 9th CSSD Dig. Tech. Papers, pp. 7~8 (1977)
- (3) Y. Tarui, Y. Hayashi and T. Sekigawa : J. Jour. appl. Phys. Supp., pp. 105~110 (1970)
- (4) I. Ohkura et al. : J. Jour. appl. Phys. Supp., pp. 59~60 (1976)
- (5) T. Nakano et al. ISSCC Dig. Tech. Papers, pp. 64~65 (1978)
- (6) C. Tanaka et al. : 1979 Dig. of US-Japan Computer Conf.
- (7) C. Tanaka et al. : Proc. 11th DA Workshop, pp. 372~379, June (1974)
- (8) 村井ほか : S 2-1, 昭 53 年電総全大
- (9) 坂口ほか : 5 G-8, 昭 53 年情報処理全大
- (10) 金田ほか : 信学研資 CST-78-35 (昭 52-6)
- (11) 佐伯ほか : 信学研資 CS 77-99 (昭 52-11)
- (12) 矢田, 平栗, 小池 : 日経 エレクトロニクス, 1975-12-15, No. 123, pp. 107~118
- (13) 金井 : 第 15 回半導体専門講習会予稿, pp. 245~270, (昭 52)

大形計算機を利用した汎用マイクロプログラムサポートシステム

上田 尚純*・井上 貞夫**・津 滝 文雄**

1. ま え が き

各種装置へのマイクロプロセッサ(以下μプロセッサと略す)の採用が日常化してきているが、マイクロプログラム(以下μPと略す)の開発作業の効率化は重要な課題である。μPの開発に計算機を利用するのがまず当然であるが、計算機環境の選択、十分な機能を持つ開発支援ソフトウェアプログラムを短期間で作成するはん(汎)用的な手法の存在、及びこれら計算機システムの運営方法がμP開発作業能率に大きな影響を与える。μPの開発とはプログラムの作成作業にほかならずその本質はソフトウェアである。このため、μPのコーディング、デバッグ、資料作成等にソフトウェア分野の手法を全面的に導入することにより、μPを効率よく開発できると考えられる。

μP開発の計算機環境として当社大形計算機《MELCOM-COSMO 700/900》のオペレーティングシステムである UTS/VS を選び、UTS/VS のソフトウェアを流用して短期間で各種支援プログラムを作成し、UTS/VS の TSS 機能(会話処理機能)のもとでオンラインで一貫して運用する、汎用のμP開発支援システム MMPS-I (Mitsubishi Micro Program Support system) を完成させた。MMPS-I は専ら実用に供しえることを主眼として開発したシステムであり、比較的わずかな労力で強大な機能を持つ開発支援システムが得られることが特長である。INTEL 8085 を含む4種のμプロセッサに適用して実使用に移し、μP開発に威力を発揮している。今後もその他数種のμプロセッサに MMPS-I の適用を予定している。MPSS-I の構成内容、運用方法及び効率よいμP開発のための留意事項について、INTEL 8085 のμP開発に即して具体的に以下に紹介する。

2. サポート対象となるμプロセッサ

μプロセッサのマイクロ命令の仕様が水平形と垂直形に分類することがよく行われるが⁽¹⁾、汎用の開発支援システムを作成する立場からは、この分類方法よりも、アドレス割付処理が不要な格納アドレス順にマイクロ命令を実行する形のμプロセッサと、アドレス割付処理が必要なμプロセッサとに分類するのが便利である。後者のμプロセッサは、計算機の中央処理装置で代表される、高速でのμP実行を必要とされる装置によく採用されるもので、各マイクロ命令を一定の規則に従ってアドレス空間内に配置するアドレス割付けと称する処理が必要とされる。このアドレス割付けを必要とするμプロセッサに対しても汎用開発支援システム MMPS-II を開発済みである。MMPS-I はアドレス割付処理を必要としないμプロセッサをサポート対象としており、機械命令はほとんどすべてこの形なので、MPSS-I を他機種の計算機の機械命令レベルのプログラム開発用の開発支援システムとして使用することも可能である。

3. MMPS-I の特長

効率のよいμP開発にはできるだけ機能、処理能力の大きな計算機を使用すること、TSSによる会話機能を介してオンラインで計算機を

利用することが大事で、ソフトウェア開発の場合と事情は同じであり、これら計算機利用環境の選択の良否がμP開発効率に及ぼす影響は甚大である。MPSS-I は当社大形計算機のもとで動作するクロスソフトウェア形のμP開発支援システムであり、また TSS 指向を追及したシステムである。プログラマはμP 原始プログラムの作成や修正、アセンブル、リンクエディット、デバッグ等μP 開発に必要な作業をすべて TSS 端末から行うことができるようになっている(図1. 参照)。UTS/VS は優れた TSS 機能を提供しており、このような TSS 指向の開発支援システムを作成する上で極めて便利であったといえる。

ところで、μP 開発支援システムの核となる支援プログラムはアセンブラであるが、汎用アセンブラの作成方法として超アセンブラを利用する方法と、新規にμP用に最適化した汎用アセンブラを作成する方法とがある⁽²⁾⁽⁴⁾。後者の方式の汎用アセンブラは最近大学や研究所から数多く発表されているが、MMPS-I で採用しているのは前者の方式であり、UTS/VS の超アセンブラである META-SYMBOL を汎用アセンブラとして利用している。この方法は当社ミニコンピュータ《MELCOM》70 のクロスアセンブラを UTS/VS のもとで作成するために既に数年前から実用されてきている方法であり、MMPS-I はこの方法をより発展させることにより実現されたシステムである。

4. 支援プログラム

MMPS-I を構成する支援プログラムを図2. に示す。いくつかの支

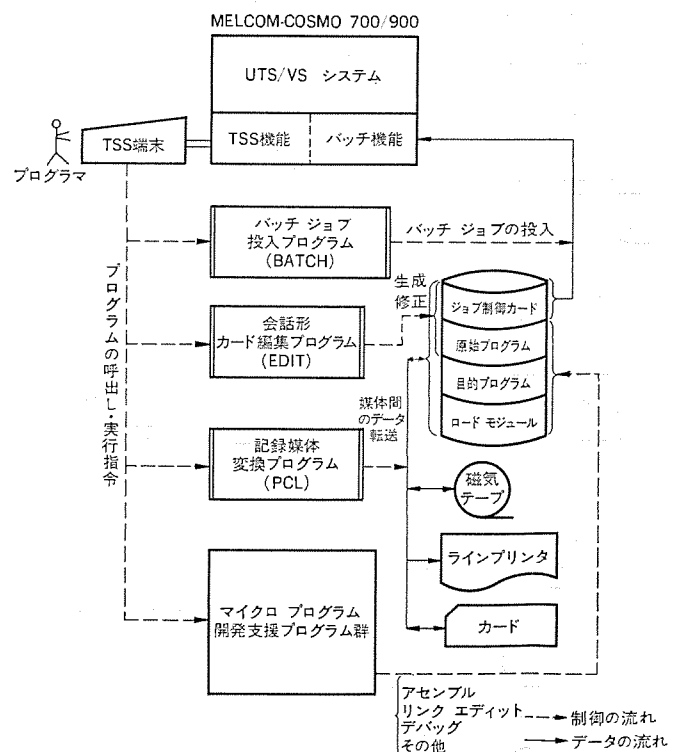


図 1. MMPS-I の運営体制

援プログラムについてはUTS/VSが標準として提供しているシステムプログラムをそのまま流用している。アセンブラやリンケージエディタは周知のものなので、その他の支援プログラムについて機能と役割を説明する。

4.1 会話形カード編集プログラム (EDIT)

UTS/VSの標準システムプログラムで、ディスク上に登録されている原始プログラムや原始データをTSS端末からの指令で追加、削除、そう(挿)入、置換等を行う機能を持っている。原始プログラムはディスクに置きっぱなしにしておけばよく、人手でのカード操作は不要となる。μPのアセンブルやリンクエディット等は計算機で短時間で処理されてしまうのに対し、原始プログラムの修正は人手でしか行えないため、何の変哲もない原始プログラムの修正作業がμP開発時の最大のネックの1つとなってきている。《MELCOM-COSMO》700のCPUのμP開発時、原始プログラムのソースカード枚数は5万枚に達したが、全面的にEDITで処理することで対処し、ひん繁に生じる原始プログラム修正作業に要する労力を大幅に削減できた。

4.2 記録媒体変換プログラム (PCL)

UTS/VSが提供する標準システムプログラムで、異種又は同種の記録媒体(カード、ディスク、磁気テープ、ラインプリンタ等)間でのデータ情報の転送や複写を行う機能を持つ。カードをカード読取装置から入力してディスクに登録したり、ディスク上のファイルを磁気テープに保存したり、この逆に磁気テープの内容をディスクにもどしたり、あるいはディスクや磁気テープ上のデータ内容をラインプリンタにリストしたりする場合に使用する。計算機のほとんどすべての入出力装置間でのデータ転送を一手に引受ける万能形の記録媒体変換プログラムである。

4.3 会話形シミュレータ

会話形式でμPの動作を模擬(シミュレート)して実行させながらデバッグを行う支援プログラムである。プログラムのデバッグには計算機との対話がひん繁に要求されるため、TSS機能を利用した会話形式での

デバッグ作業は極めて効率的であることはソフトウェア開発の場合と同じである。

シミュレータの欠点として実行速度が遅いこと、割込み等実時間がかかる動作が忠実にシミュレートできないことが挙げられる⁽³⁾。会話形シミュレータを使用した経験からいって、前者に関しては、会話形式ではプログラムの思考時間がほとんどであり、デバッグ対象となるμPも小刻みに区切って実行させるため、実行速度が遅いことは問題にはならない。(数時間TSS端末を使用しても、中央処理装置の使用時間が1分を超えるのはまれである)また、後者に関しては、プログラムのデバッグを一通りすました後、実時間に関係する箇所を十分に机上デバッグすることによりほとんど虫がとれる。実装置上でμPを実行させたときに生じる不具合も実時間関係の箇所に範囲をしばって原因追究すればよいことになり、不具合の原因説明もかなり楽になる。以上の理由により、シミュレータでμPのデバッグを行っておくのは非常に有効であった。

4.4 ROM, RAM データ ファイル作成プログラム

リンケージエディタが作成したロードモジュールファイルを入力し、次に述べるROM紙テープ作成プログラムの入力となるROMデータファイルと、RAMに記録させるためのRAMデータファイルを作成する。また、後述するように、ロードモジュールファイル内のマイクロ命令の2進数パターンの修正を行う目的にも使用する。

4.5 ROM 紙テープ作成プログラム

ROM書込み器の入力となる紙テープを作成するプログラムであり、ROMデータファイルを入力して、μPの2進数パターンをROM-IC単位に編集し直し、紙テープとして出力するプログラムである。

5. 支援プログラムの作成方法

世の中には多種多様のμプロセッサが存在しており、そのおののに対して支援プログラムを作成するのでは労力が大変なため、汎用の支援プログラムが望まれる。既に述べたように、汎用アセンブラとしてUTS/VSの超アセンブラであるMETA-SYMBOLを利用しており、アセンブラ以外にもUTS/VSのシステムプログラムをできる限り流用するようにしている。また、流用できるシステムプログラムがUTS/VSにない場合は、新規に支援プログラムを作成したが、汎用的に使用できるように仕様で作成してある。μプロセッサごとの各支援プログラムの作成方法を表1に示す。

5.1 アセンブラ、リンケージエディタ

超アセンブラMETA-SYMBOLのマクロ命令定義機能を利用してアセンブラを実現する。マクロ命令定義パラメータは手続形で与えるようになっており、次のような情報を定義して与える。

- ・マイクロ命令のニーモニックコード
- ・マイクロ命令の2進数パターン上のフィールドの定義、及び各フィールドへ挿入すべき数値

これらマクロ命令定義パラメータを収容したファイルをシステムファイルと称しており、INTEL 8085用のシステムファイルを作成してMETA-SYMBOLに与えれば、INTEL 8085用のアセンブラができたことになる(図3.)。META-SYMBOLはアセンブル結果を目的プログラムとして出力し、この目的プログラムをUTS/VSのリンケージエディタLOADERに入力することによりロードモジュールが最終的に作成される。リンケージエディタでは複数個の目的モジュールのリンクやμPのアドレスの再配置が行えるが、これらの処理が不要ならMETA-SYMBOLでアセンブル結果のμPの絶対2進数パターンを出力することも可能であ

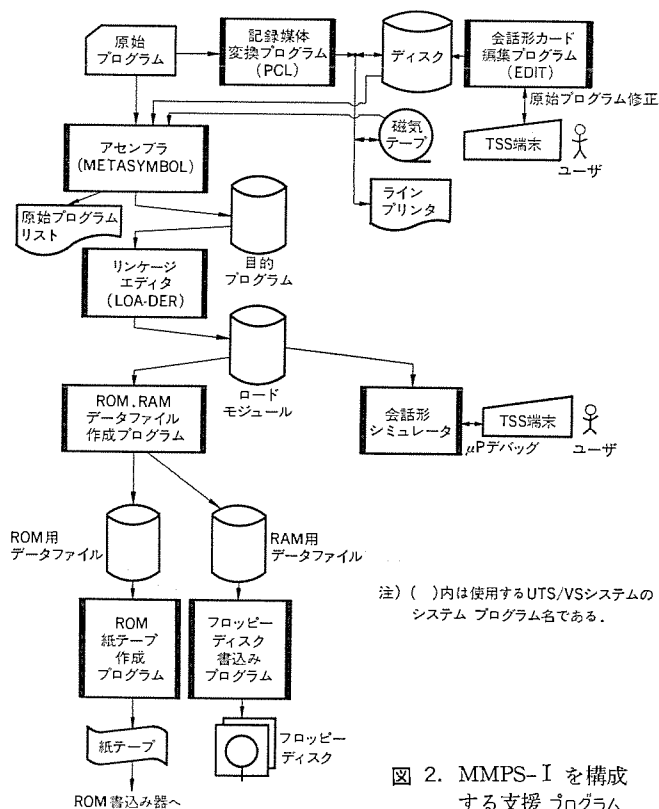
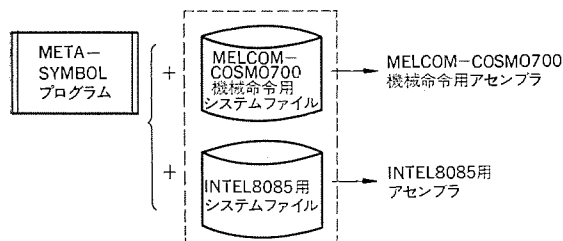


図2. MMPS-Iを構成する支援プログラム

表 1. MMPS-I 支援プログラムの作成方法

| 支援プログラム | 支援プログラムの作成方法 | 各マイクロ プログラム仕様 ごとに必要となる処理 |
|---------------------------------|--|--|
| ア セ ン ブ ラ | UTS/VS システムの META-SYMBOL プロ グラムを流用 | マクロ命令定義パラメータ ファイル(システム ファイ ル)を作成 |
| リンケージ エディタ | UTS/VS システムの LOAD プログラムを流用 | な し |
| 会 話 形 シ ミ ュ レ ー タ | ユーザインタフェース部は UTS/VS システムの DE- LTA プログラムを流用 | マクロ命令のシミュレーシ ョン ルーチンを作成 |
| 記 録 媒 体 変 換 プ ロ グ ラ ム | UTS/VS システムの PCL プログラムを流用 | な し |
| 会 話 形 カード編集プログラム | UTS/VS システムの ED- IT プログラムを流用 | な し |
| ROM, RAM データ ファイル作成プログラ ム | 新規作成 (アセンブラ) | オウン コーディング ルー チンを作成 |
| ROM 紙テープ作成プ ログラム | 新規作成 (FORTRAN) | な し |
| フロッピー ディスク 書き込みプログラム | UTS/VS システム (M500 システム) の FDMNT プログラムを流用 | な し |



各μプロセッサに対応するシステム ファイルを作成することにより
アセンブラとすることが出来る。

図 3. META-SYMBOL 利用による
汎用アセンブラの実現方法

る。

ところで、META-SYMBOL を使用する場合、次の
ような手当てが必要である。

- META-SYMBOL で扱う 1 命令のビット長は《ME-
LCOM-COSMO》700 の機械命令に合わせて 32 ビッ
トの固定である。INTEL 8085 (1 命令長は 8 ビット)
のアセンブラでは 32 ビットの右端 8 ビットを使用するよ
うにしている。1 命令長が 32 ビットを超える μプロセ
ッサでは 1 箇のマイクロ命令に複数箇の語 (1 語=32
ビット) を対応させる必要があるが、このような場合
はまれであると思われる。

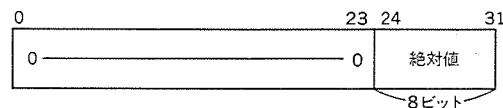
- μP で使用する アドレス値は通常 LOADER で再配置
されるが、LOADER で再配置してもらうには、ア
ドレス値は 1 語内で右づめに置き、かつそのアドレス
部の長さは 17 ビット以下でなければならない (再配
置処理を必要としないなら、この処理は必要ない)。
そこで、上記制限に合わせた形式でコードを生成してお
き (図 4.)、ロードモジュールの生成後、μP 仕様本来の正し
い 2 進数パターンにもどし、必要な部分のみ取り出すよう

にしている。この作業は ROM RAM データファイル作成プログラムで
行うようにしている。リンケージエディタに関しては、LOADER をそ
っくりそのまま使用すればよく、一切手入れは不要のようにしてい
る。

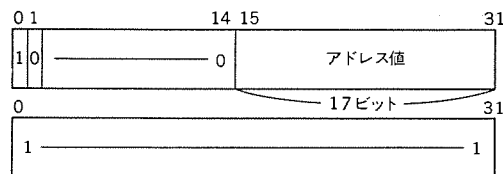
5. 2 ROM RAM データファイル作成プログラム

リンケージエディタの出力であるロードモジュールファイルを入力し、μP 仕

(1) 絶対値(命令コード,定数)



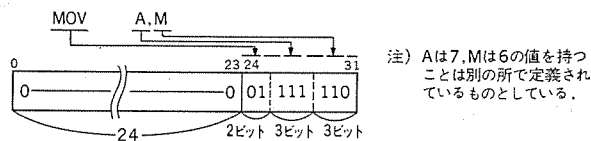
(2) アドレス値

図 4. INTEL 8085 アセンブラでの絶対値、
アドレス値のコード生成形式

システムファイル中での定義パラメータ

```
MOV CNAME
PROC
LF EQU S
GEN.24,2,3,3 0,1,AF(1),AF(2)
PEND
```

上記定義パラメータによるバイナリコードの生成

図 5. INTEL 8085 の MOV 命令の META-SYMBOL
システムファイル中での定義例

| | | | |
|-----|---------|------------------------|---------------------------------|
| 410 | | PAGE | |
| 411 | | OPEN | P01:P02,P03,P04,P05,P06,P07,1,C |
| 412 | MSR ADI | CNAME | 0 |
| 413 | MSR ACI | CNAME | 1 |
| 414 | MSR SUI | CNAME | 2 |
| 415 | MSR SHI | CNAME | 3 |
| 416 | MSR ANI | CNAME | 4 |
| 417 | MSR XRI | CNAME | 5 |
| 418 | MSR ORI | CNAME | 6 |
| 419 | MSR CPI | CNAME | 7 |
| 420 | MSR | PROC | |
| 421 | MSR I | SET | S:UFV(AF(1)) |
| 422 | MSR | GOTO,NUM(AF)=1 | P01 |
| 423 | MSR | ERROR,7 | '#ILLEGAL OPERAND NUMBER#' |
| 424 | MSR P01 | GOTO,TCUR(I,S:EXT) | P02 |
| 425 | MSR | GOTO,TCUR(I,S:SUM) | P02 |
| 426 | MSR | GOTO,TCUR(I,S:INT) | P03 |
| 427 | MSR | GOTO,TCUR(I,S:C) | P04 |
| 428 | MSR | ERROR,7 | '#ILLEGAL OPERAND TYPE#' |
| 429 | MSR | GOTO | P02 |
| 430 | MSR P04 | GOTO,S:NUM(AF(1))=1 | C |
| 431 | MSR | ERROR,7 | '#ILLEGAL CHARACTER NUMBER#' |
| 432 | MSR C | SET | ASCODE(AF(1)+1) |
| 433 | MSR | GOTO,C=0 | P05 |
| 434 | MSR | ERROR,7 | '#ILLEGAL CHARACTER#' |
| 435 | MSR P05 | GOTO,ASCII=1 | P06 |
| 436 | MSR | GOTO | P02 |
| 437 | MSR P03 | GOTO,(I)>=128)&(I<255) | P02 |
| 438 | MSR | ERROR,7 | '#ILLEGAL OPERAND VALUE#' |
| 439 | MSR P02 | SET | n |
| 440 | MSR LF | GEN,24,2,3,3 | 0,3,NAME,6 |
| 441 | MSR | GEN,24,2 | 0,AF(1) |
| 442 | MSR P06 | GOTO | P07 |
| 443 | MSR | SET | n |
| 444 | MSR LF | GEN,24,2,3,3 | 0,3,NAME,6 |
| 445 | MSR | GEN,24,2 | 0,C |
| 446 | MSR P07 | PEND | |
| 447 | | CLOSE | P01,P02,P03,P04,P05,P06,P07,1,C |

図 6. INTEL 8085 用システムファイルの内容のリスト
(META-SYMBOL が出力したもの)

| | | | | | | | |
|-----|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 514 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 515 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 516 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 517 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 518 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 519 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 520 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 521 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 522 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 523 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 524 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 525 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 526 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 527 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 528 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 529 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 530 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 531 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 532 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 533 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 534 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 535 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 536 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 537 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 538 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 539 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 540 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 541 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 542 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 543 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 544 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 545 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 546 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 547 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 548 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 549 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 550 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 551 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 552 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 553 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 554 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 555 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 556 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 557 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 558 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 559 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 560 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 561 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 562 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 563 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 564 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 565 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 566 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 567 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 568 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 569 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 570 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 571 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 572 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 573 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 574 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 575 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 576 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 577 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 578 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 579 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 580 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 581 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 582 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 583 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 584 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 585 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 586 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 587 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 588 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 589 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 590 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 591 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 592 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 593 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 594 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 595 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 596 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 597 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 598 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 599 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| 600 | 01 | 01000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |

図 7. INTEL 8085 アセンブラによるアセンブルリスト例

様本来の正しい2進数パターンに修正した後必要な情報部のみ抜き出し、ROM及びRAM用のデータファイルとして出力する支援プログラムである。ロードモジュールファイルの入力及びROM RAMデータファイルの出力部は汎用的に作成して共通ルーチンと呼べるようにしてある。μプロセッサに依存する2進数パターン修正処理等を行うルーチンとOWNコーディングルーチンと組込む方法と合わせて、この支援プログラムに汎用性を持たせてある(図8.)。META-SYMBOLではアセンブル方法を手続形で与えるため、アセンブル方法を表形式で与える形の汎用アセンブラと比較して、先行するあるいは後続するマイクロ命令によりアセンブル方法が異なるといった特殊な処理を要求するアセンブラ⁽⁴⁾にもより柔軟に対処できるが、なおかつ対処が困難な場合はその処理を行うロジックをこのプログラムに組込めばよいので、あらゆるμプロセッサに対してほぼ完璧に対処が可能である。

5.3 会話形シミュレータ

UTS/VSのアセンブルプログラムの会話形デバッグ用システムプログラムDELTAを利用して作成してある。μプロセッサの各マイクロ命令をシミュレートするルーチンのみを作成し、会話形デバッグに必要なメモリ内容の表示、変更、実行指令、シンボル記号の扱い等の機能はDELTAが有している機能をそっくり流用する。使いやす会話形デバッグ機能

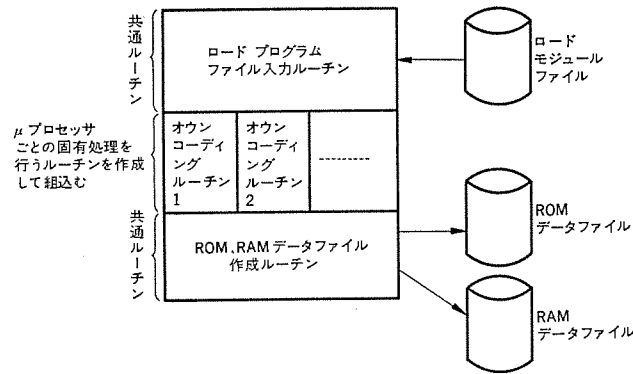


図 8. ROM, RAM データファイル作成プログラムの汎用化の実現方法

を実現するには多大なプログラムステップを要するのが普通であるが、この方式ではその部分の作成が不要となり、会話形シミュレータ作成の労力を数分の1に減少させることができた。デバッグしたいμPと、マイクロ命令を実行するシミュレーションルーチンをリンクして1ロードモジュールとし、これをDELTAのもとで実行させることによりデバッグ作業を行う(図9.)。デバッグ作業の手順は次のようにして行う。

- (1) シミュレーションルーチンが保持しているデバッグ用テーブルにDELTAのメモリ内容修正コマンドを利用して必要なデバッグパラメータを設定し、次いでシミュレーションルーチンに制御を渡し、指定した番地よりμPを実行させる。
 - (2) シミュレーションルーチンでは1マイクロ命令実行ごとにデバッグテーブルを調べ、中断事象が発生しているならDELTAに制御をもどす。そうでなければ次のマイクロ命令を実行する。
 - (3) DELTAに制御がもどると、シミュレーションテーブル中のレジスタの内容を表示し、μPの実行結果が正しいかどうか調べる。不正があれば、必要に応じてμPのマイクロ命令やレジスタの内容値を修正する。これらメモリ内容の表示、修正はDELTAコマンドで行う。DELTAコマンドではμP原始プログラム中で使用しているシンボル記号をそのまま使用できるので、デバッグに極めて便利である。ただし、アドレス値の属性を持つシンボル記号を使用するには、μP自体を再配置可能な形式で作成しておく必要があり、この点注意が必要である。シミュレーションルーチンからDELTAに制御をもどすには、シミュレーションルーチンの特定番地にあらかじめDELTAに制御をもどすための命令(命令中断点)をDELTAコマンドを利用して埋め込んでおき、この命令を実行することによりDELTAに制御をもどす。INTEL 8085シミュレーションルーチンのデバッグテーブルとシミュレーションテーブルの主なエントリ内容を表2に示す。
- なお、シミュレーションルーチンはアセンブラで作成してある。

6. 資料の作成

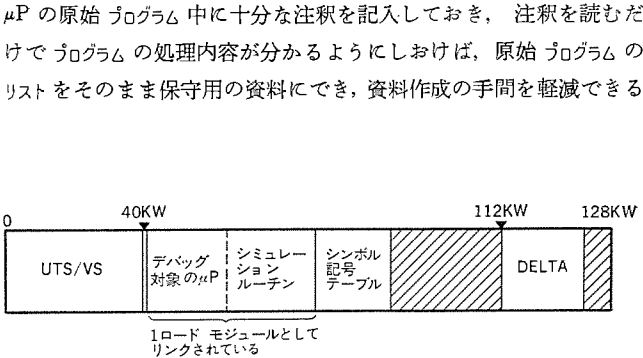


図 9. 会話形シミュレータでμPをデバッグする場合の計算機でのユーザ論理空間内の配置

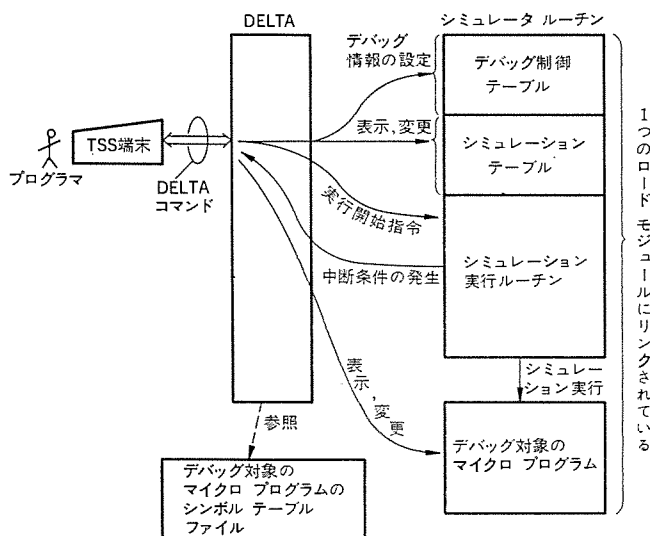


図 10. 会話形シミュレータによる μP のデバッグ操作方法

表 2. INTEL 8085 用会話形シミュレータのテーブル部のエントリ内容

| エントリの外部定義シンボル名 | | 機 能 |
|----------------|------------------|---|
| デバッグ制御テーブル | IB 0~IB 4 | 命令実行中断点アドレスの設定 (5か所まで) |
| | STEP | ステップ命令実行モードの設定 |
| | STEPN | ステップ命令実行モード時のステップ刻み値の設定 |
| | ROMN | 書き込み禁止領域 (ROM 領域) 有効フラグ |
| | MOB, MOE | 書き込み禁止領域の開始アドレス (MOB), 終了アドレス (MOE) の設定 |
| | DELTA | DELTA へ制御を返すための, DELTA 命令中断点を設定 |
| シミュレーションテーブル | A | アキュムレータ A に対応 |
| | B, C, D, E, H, L | おのおのレジスタ B, C, D, E, H, L に対応 |
| | PC | プログラム カウンタ PC レジスタに対応 |
| | SP | スタック ポインタ SP レジスタに対応 |
| | CC | 各種フリップ フロップ (CY, Z, S, P, AY) に対応 |
| | IT | 各種割込みフラグに対応 |

と同時に、 μP を修正した場合のプログラムの実際と資料での説明がくい違い危険性も防げる。また、プログラムの内容の理解を助けるためのフローチャートを自動的に作成する支援プログラムも目下開発中である。

7. 作成に要する人工

これまでに作成した支援プログラムに要した開発人工を表 3. に示す。いずれの μP プロセッサの支援システムも、おのおの別々の初心者担当として作成した。INTEL 8085 と μP プロセッサ A はそもそもの μP プロセッサの仕様が大きいこと、UTS/VS システム理解のための勉強期間が

表 3. 支援プログラム作成に要した日数

| マイクロ プロセッサ | 開発 順序 (年代順) | アセンブラ | | ROM RAM データファイル 作成 | | シミュレータ | |
|---------------|-------------------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | ソース 枚数 | 開 発 日数 | ソース 枚数 | 開 発 日数 | ソース 枚数 | 開 発 日数 |
| INTEL 8085 | 1 | 600 | 1 か月** | 150 | 2 日 | 3,000 | 2 か月** |
| A* | 1 | 300 | 1 か月** | 100 | 2 日 | 2,000 | 2 か月** |
| B* | 3 | 400 | 5 日 | 50 | 1 日 | — | — |
| C* | 4 | 100 | 2 日 | — | — | — | — |

* 当社内で作成した μP プロセッサである

** UTS/VS の勉強期間を含んでいる

含まれていることにより日数を費しているが、経験を積重ねれば同程度の μP プロセッサに対してアセンブラで1週間、シミュレータは開発済みのシミュレータ記述言語を使用して作成することにより2週間程度で可能になることが期待できそうである。

8. む す び

MMPS-I の実現方法は、 μP プロセッサの命令仕様が汎用計算機の機械命令と本質として同じであることに着目し、アセンブラレベルでの計算機のプログラム開発に使用する手法や支援プログラムを、少し工夫を加えて UTS/VS から全面的に流用して μP 開発用に仕立て上げた開発支援システムであるといえる。ここで言及しなかった便利な支援プログラムも UTS/VS には多々あり、MMPS-I はまだまだ将来の拡張性を潜在させたシステムである。ただ MMPS-I の問題点は、機能が大きすぎるため一通りの修得だけでも初心者には骨が折れることである。しかし、特に計算機関係の装置に顕著であるが、多種多用の μP プロセッサの μP を大量に作成する必要が生じてきており、少しでも μP 開発効率向上のために、 μP 作成者自身が積極的にソフトウェア手法を摂取するとともに、開発支援システムの機能を絶えず強化することが要請される事態となってきた。MMPS-I は、 μP に依存するパラメータを手続形で与える開発支援システムであることとも相まって、機能の拡張には柔軟に対処でき、実用性に極めて富んだシステムであるといえる。MMPS-I の利用の拡大、及びより高度な利用方法の開拓が今後期待される。

参 考 文 献

- (1) 萩原：マイクロ・プログラミング，産業図書，p. 45~51 (昭52)
- (2) 藤田：クロスアセンブラ，電子通信学会，60, No. 12 (昭52)
- (3) 宮口：マイクロコンピュータのソフトウェア，情報処理，17, No. 4 (昭51)
- (4) 国立ほか：超言語記述によるマイクロ・プロセッサ汎用クロス・アセンブラ，情報処理，19, No. 7 (昭53)
- (5) UTS/VS パッチ処理説明書，三菱電機
- (6) UTS/VS タイムシェアリング説明書，三菱電機
- (7) META-SYMBOL 説明書，三菱電機

M58840P用デバッグマシン —4ビット1チップマイコンサポートシステム—

磯貝文彦*・本城雅則*・壺井芳昭**・正田茂雄*・田中禎一***

1. ま え が き

マイクロコンピュータの出現により、電子回路の構成は従来のものと比べ大きく変わりつつある。開発当初は、比較的高価な産業用機器への応用が主であったが、低価格の1チップ4ビットマイクロコンピュータの出現以来、応用分野は家電製品へと拡大していった。家電製品への応用に関しても、電子レンジ、TV等の比較的複雑な制御を要する製品への応用から始まり、現在では、家電製品全般に及んでいる。1チップマイクロコンピュータの使用により、電子回路の部品点数の削減、仕様の変更に対するフレキシビリティ、きめ細かな制御やコンピュータ機能の活用による機能向上等の効果を期待することができる。既に、多種多様な1チップ4ビットマイクロコンピュータが市販されている。量産効果などによりチップのコストは千円以下のものも出始めており、今後の応用は更にすすむものと考えられる。

当社においてもA/D変換器とタッチキーインタフェースを内蔵する制御指向の4ビット1チップマイクロコンピュータM58840P⁽¹⁾を開発した。1チップマイクロコンピュータは、そのプログラムがマスクROMとしてオンチップ化(マイクロコンピュータの加工と同時にチップに納められる)されるために、このプログラム開発費用と開発期間が問題になる。したがってその使いやすさについては機能、価格はもちろんのこと、その開発サポートシステムが重要視される。本文ではM58840Pの開発サポートシステムについて、ハードウェア、ソフトウェアデバッグ用として開発したデバッグマシンを中心に、その概要を紹介する。

2. 応用製品開発の手順と

サポートシステム

従来の電子回路に比べ、1チップマイクロコンピュータ採用のメリットが確認され、その開発が決定されれば、おおむね図1.に示されるフローに従って製品開発が行われる。概略仕様をもとにハードウェア構成を決め、マイクロコンピュータのI/O端子の割当、データメモリ(RAM)の割当を行う。次に詳細な仕様を決めソフトウェアの開発を行う。フローチャートの作成、コーディング、アセンブルの手順を経てプログラムのデバッグを行い、更に、試作装置に組込んでハード、ソフト両面からのデバッグを行う。最終動作確認後、プログラムはICメーカへ提供され、メーカでは、ユーザから提供されたプログラムを基に、1チップマイクロコンピュータを作りあげる。このように、ユーザは採用を決定してから、プログラム開発、システムデバッグ、メーカにおける製作期間などの期間を経過した後でないと入手できず、また、プログラムミスは、その修正のために再度上記の期間を覚悟しなくてはならない。このような開発作業を短期間に正しく行うために、ソフトウェアサポートとしてミニコン《MELCOM》70によるクロスアセンブラ、シミュレータが、ハードウェアサポートとして、評価用チップ、プログラムチェッカ、デバッグマシン等がある。

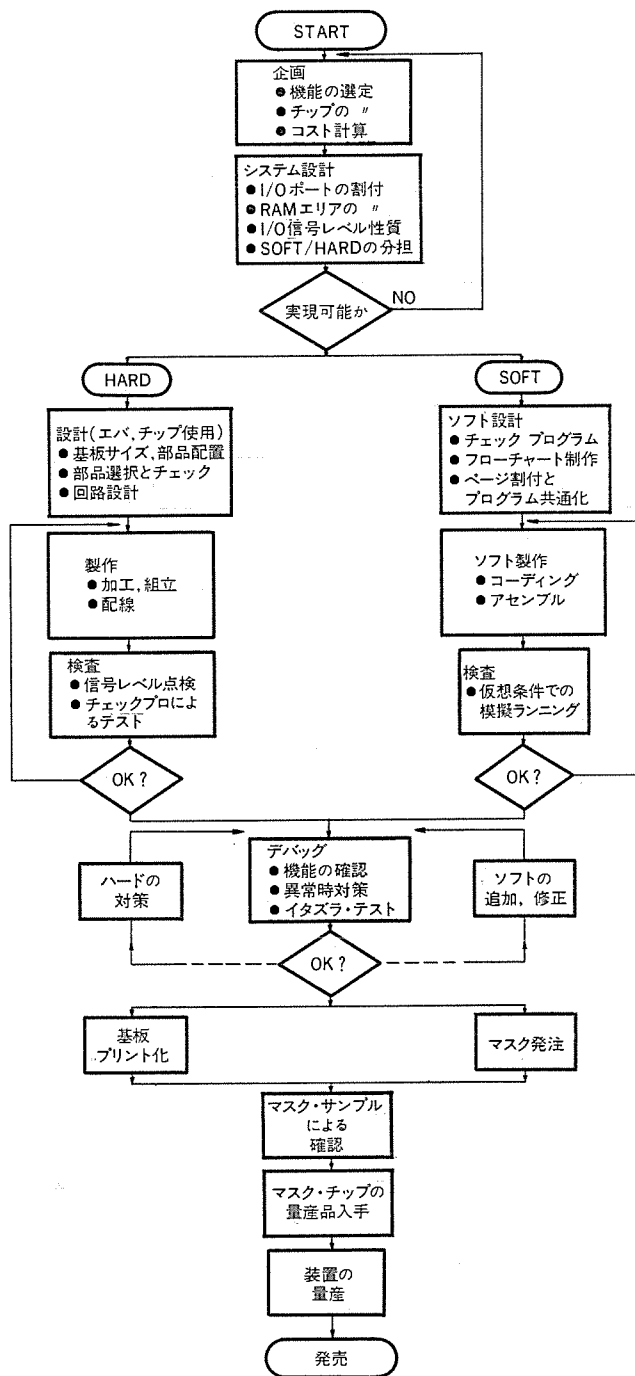


図1. 開発手順のフロー

3. 開発サポートシステム⁽²⁾

3.1 ハードウェアサポート

3.1.1 評価用チップ

1チップマイクロコンピュータのプログラムは、マスクROMとしてオンチップ化され、その修正には多額の費用と時間が必要である。したがって、

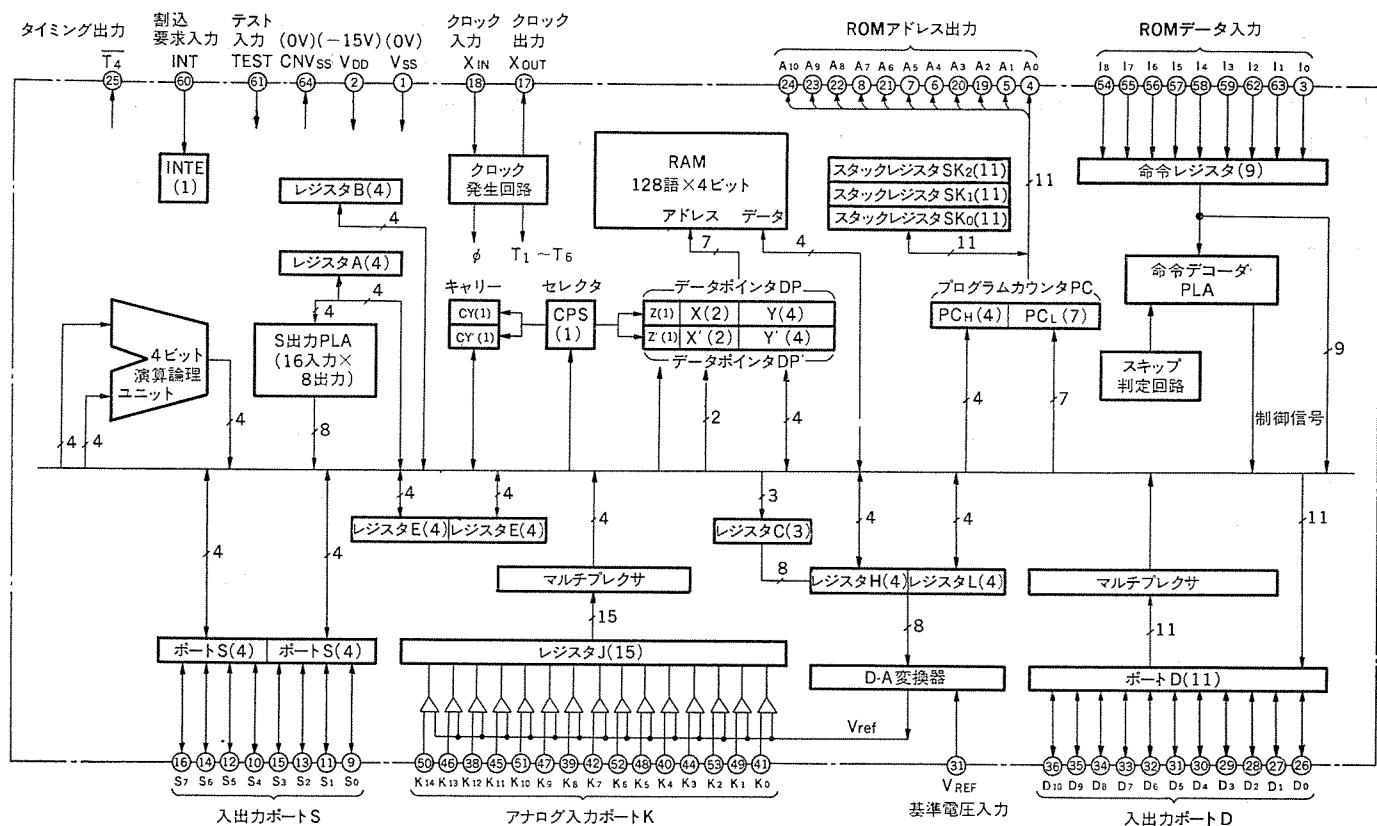


図 2. M58842S のブロック図

表 1. M58842S の性能概要

| 項 | 目 | 性 | 能 |
|--------------|-----------------|----------------------------|----------|
| 基本命令数 | | 68 | |
| 基本命令実行時間 | | 10. s (クロック周波数 600kHz のとき) | |
| クロック周波数 | | 300~600 kHz | |
| メモリ容量 | ROM | 2,048 語×9 ビット | 外付け* |
| | RAM | 128 語×4 ビット | |
| 入出力ポート | K | 入 力 | 1 ビット×15 |
| | | 出 力 | 8 ビット×1 |
| | S | 入 力 | 4 ビット×2 |
| | | 出 力 | 1 ビット×11 |
| | D | センス入力 | 1 ビット×11 |
| A/D 変換回路 | | 内蔵 (精度 5%) | |
| タッチキーインタフェース | | 内蔵 | |
| サブルーチンネスタング | | 3 段 (繰込み 1 段を含む) | |
| クロック発生回路 | | 内蔵 (CR 又はセラミックフィルタ外付け) | |
| ポート 入出力特性 | 入出力耐電圧 | -33 V (最大) | |
| | ポート S 出力電流 | -8 mA (最大) | |
| | ポート D 出力電流 | -15 mA (最大) | |
| 電源電圧 | V _{DD} | -15 V (標準) | |
| | V _{SS} | 0 V | |
| 素子構造 | | P チャンネル アルミゲート E-D MOS | |
| パッケージ | | 64 ピン セラミック DIL パッケージ** | |
| 消費電力 | | 700 mW (標準) | |

* M58840-×××P では、マスク ROM 内蔵

** M58840-×××P では 42 ピン セラミックモールド DIL パッケージ

開発したプログラムは、マスク化する前に実際の製品に近い状態でのシミュレーションが必要である。評価用チップは、そのプログラムの開発や応用製品試作用のチップである。プログラムメモリを外付けすることがで

きるように、アドレス出力 (A₀~A₁₀) とインストラクション入力 (I₀~I₈) を持っている。それ以外の機能は、マスク完成品と同一である。評価用チップ M58842S のブロック図を図 2. に、その性能概要を表 1. に示す。

3. 1. 2 評価用基板コンピュータ

評価用基板コンピュータ PCA 0401 は、評価用チップと、そのプログラムメモリ用の 1K バイト EPROM 4 個 (ただし、M58842S の 2K ワード相当) とで構成される。機能としては、0 番地からのランニング実行だけであるが、次に述べるタッチキーボード基板、プログラムチェッカへの接続が可能な構成にしている。

3. 1. 3 タッチキーボード基板

この基板は、ユーザに標準タッチキーを提供するものであり、M58840P の入力ポートに直接、接続することができる。実際の製品に使用されるタッチキーは、ガラス板製がほとんどであるが、この基板は、ほぼ同等のサイズ、静電容量に設計している。タッチキーボード基板 PCA 0402 は、プリント基板の両側電極間の静電容量を利用した 3×8 個のタッチキーと、走査パルス発生回路を実装している。

3. 1. 4 プログラムチェッカ

プログラムチェッカ PCA 0403 は、前に述べた評価用基板コンピュータを用い、プログラムをチェックするための簡易装置である。機能としては、任意番地からのプログラムの実行、シングルステップ動作 (ただし、スキップ命令を除く)、ブレイクポイント機能、リセット機能、割込発生機などを備えている。表示部として、アドレスとインストラクションを 2 進数表示する 20 個の LED がある。

3. 1. 5 デバッグマシン

デバッグ作業をより効率的に行うための装置で、概略下記 5 項目の機能を有する。詳細については 4 章で述べる。

(1) 修正、テストのサイクルを速めるために RAM ベースでのランニ

ング実行。

- (2) シングルステップ動作とブレイクポイントのセット。
- (3) 停止時におけるレジスタの内容表示。
- (4) 任意の番地からのランニング実行と、レジスタ、RAMのプリセット。
- (5) デバッグ途中のプログラム保存用にPROM書き込み、及びPROM消去機能。

3.2 ソフトウェアサポート

3.2.1 クロスアセンブラ

ミニコン《MELCOM》70を用いたクロスアセンブラであり、M58840Pのアセンブラ言語によるソースプログラムを、機械語に変換し、バイナリアブソリュートオブジェクトのファイルを、ディスク上に作成する。入出力媒体として紙カード、磁気ディスクを使用している。

3.2.2 シミュレータ

このシミュレータは、前記クロスアセンブラによって生成されたディスクファイル中のプログラムを、各種の制御コマンドの設定条件に従って擬似的に実行する。制御コマンドを用い、デバッグすべきプログラムの動作条件を設定したり、停止させたりして、その時のシステムの状態やCPUの状態、メモリの内容等を表示する。M58840Pのプログラムが、目的に沿った正しい動作をするか否かをソフトウェア上でテストすることができる。

3.2.3 PROMライタ用紙テープ作成プログラム

このプログラムは、前記クロスアセンブラにより、ディスク上に生成されたアブソリュートバイナリオブジェクトを、PROMライタ用の16進オブジェクトに変換し、紙テープを出力する。出力する紙テープのフォーマットは、タケダ理研製T310、及び、ミニエレクトロニクス製1830PROMライタ用の2種類を用意している。

4. デバッグマシン

4.1 概要

1チップマイクロコンピュータにとって、そのプログラム開発コストと開発期間が非常に重要であることは前に述べたとおりである。デバッグマシンは、その開発サポートシステムの中核をなすもので、ユーザにとってはできるだけ多くの機能を持つことが望まれる。使いやすさ、持運びの便利さもまた大切な要素である。筆者らは、M58840P開発用のデバッグマシンに最小限必要な機能として、3.1.5項で示した5項目を考え、表2.に示す機能を持たせることにした。

この装置は、モニタCPU、デバッグCPUと呼ばれる2個のプロセッサをとう(搭)載している。モニタCPUは、8ビットプロセッサであり、ユー

ザが操作するキーから情報を読みとり、キーに対応する処理や表示・ブザーの制御などを行う。図3.にキーボード/ディスプレイの配置を示す。デバッグCPUは、評価用チップであり、ユーザのプログラムをRAM(以下、プログラムRAMと呼ぶ)ベースで実行する。実行の開始や停止の指令はモニタCPUから発せられ、その指令に従って、デバッグCPUがユーザプログラムを実行し、実行結果はモニタCPUによって表示される。

レジスタの内容は、デバッグCPUの出力ポート(ポートS)を経由して読出されるが、読出しの不可能なレジスタについては外部に等価なレジスタを配置している。また、デバッグCPUには停止機能がなく、ランニング実行時以外の停止状態は、No-Operation命令を繰り返すことにより、停止と等価な状態を呈している。

デバッグ途中におけるプログラムの一時保存や移動のためのPROM書き込みや、PROM消去の機能も備えている。使用し得るPROMは、インテル社2708相当品である。プログラム内容を書込んだPROMは、評価用基板を用い、ユーザシステムに組込んで実機テストなどにも利用することができる。

デバッグ作業は、レジスタやメモリ内容に加え、入出力ポートの状態を表示することによって、更に確実なものとなる。この装置では、デバッグCPUのI/Oポートの状態をLEDを用いて表示するとともに、コネクタを介して外部へ取り出し得る構造となっている。ユーザは、このコネクタを、目的とするシステムと接続することにより、ハードウェアを含めたシステムデバッグをすることができる。

4.2 ハードウェアの構成と機能

デバッグマシンは、電源ユニット、キーボード/ディスプレイ、PROMライタ、モニタCPUなど、11個の要素から構成されている。要素間の接続を図4.に示す。この図に基づいて、構成と機能を説明する。

4.2.1 モニタ周辺回路

モニタ系は、制御装置としてのモニタCPUと、その入出力ポート、及

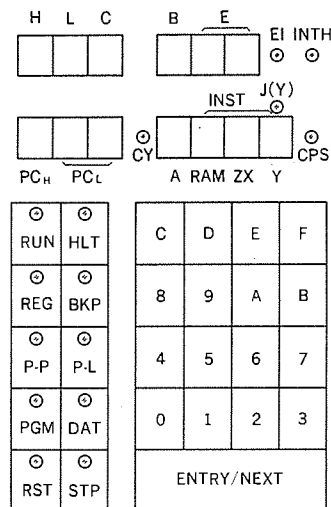


図3. キーボード/ディスプレイの配置

表2. デバッグマシンの機能

| 機能 | 内容 |
|--------------|-----------------------|
| リセットモード | システムのリセット |
| プログラムモード | プログラムのセット・内容確認 |
| データモード | RAMの内容確認・プリセット |
| レジスタモード | レジスタの内容確認・プリセット |
| ブレイクポイントモード | ブレイクポイントのセット・リセット |
| ランニングモード | ランニングの実行 |
| ホルトモード | ランニングの実行停止 |
| シングルステップモード | シングルステップ動作の実行 |
| PROMプログラムモード | プログラムRAMの内容をPROMに書き込む |
| PROMリストモード | PROMの内容をプログラムRAMへ転送する |

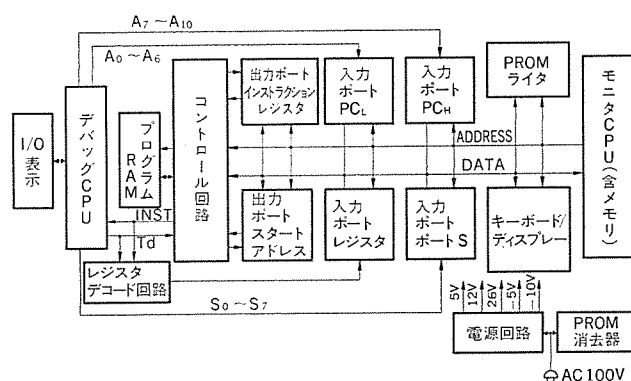


図4. デバッグマシンのブロック図

び制御プログラムとしてのモニタプログラムとワーキングRAMから構成される。

モニタCPUは8ビットのプロセッサ(インテル社 i-8085 A)であり、モニタプログラムの内容に従い、入力ポートから情報を読み込み、処理し、出力ポートに制御信号を出力する。入力ポートには、デバッグCPUの実行番地を示すプログラムカウンタ、レジスタ内容を伝えるべきポートS、及び外部レジスタの内容を伝えるポートが接続されている。出力ポートには、デバッグCPUのレジスタの内容を読み出すときに使用するインストラクションレジスタ、ランニング実行時のスタートアドレスをセットするポート、プログラムRAMのバス制御用コントロールポートなどがある。

キーボード、及び表示部と、モニタCPUとの接続は、専用LSI(D8279)を介して接続され、すべてのキーはモニタCPUの割込信号として受け付けられる。キーボードには、図3.に示すように、動作モードを選択する10個のLED付きキー(ファンクションキー)、データを入力するためのヘキサキー、キー操作の区切りを示すENTRY/NEXTキーなど、27個のキーがある。

ファンクションキーは、表2.に示す10個のモード(機能)を選択するためのものであり、ユーザは、これらのキーで選択される機能を組合せることにより、デバッグすべきプログラムをプログラムRAMへ書き込み、実行し、誤った箇所を修正することができる。各機能については、4.3.2項で説明する。

モニタCPUは、デバッグの過程におけるレジスタ、データメモリの内容、プログラムの内容などを表示する。これらの情報は、モニタCPUから、情報を取り出すべきプログラムをデバッグCPUに指示し、デバッグCPUの実行によってポートSから出力され、その内容をモニタCPUが読取って表示する。もちろん、これらの処理によって不都合が生じ

ないよう、情報の待避などは確実になされている。このような方法によって読出すことのみ可能なレジスタであってもデバッグに必要な情報は、外部にレジスタを設けプログラムの実行と等価な処理を施し、その内容をモニタCPUが読出して表示する。

4.2.2 デバッグCPU周辺回路

ユーザが作ったプログラムは、デバッグCPUが実行する。デバッグCPUは、マスク完成品M58840Pのプログラムメモリを外付けできるようにしたものである。ユーザは、プログラムRAMにプログラムを書込み、実行を指令することによって、完成品と等価の機能を得ることができる。

プログラムRAMは4Kバイトで、通常モニタCPU側に接続されている。M58840Pのプログラムメモリは2Kワードで、1ワードが9ビット構成であるために、8ビット並列処理のモニタCPU側では1ワードに2バイト必要になり、4Kバイトのメモリを使用することになる。

デバッグCPUのランニング実行時には、このプログラムRAMはモニタCPUから切り離され、デバッグCPUに接続される。このためのコントロール回路を図5.に、そのタイミングチャートを図6.に示す。ラン

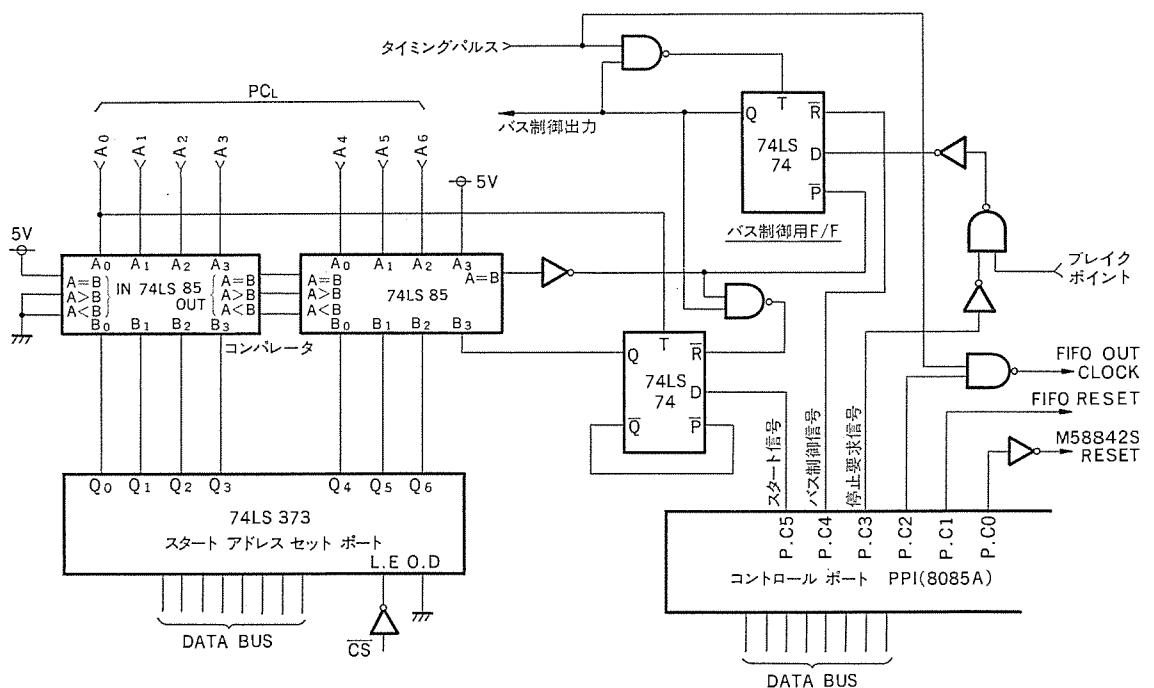
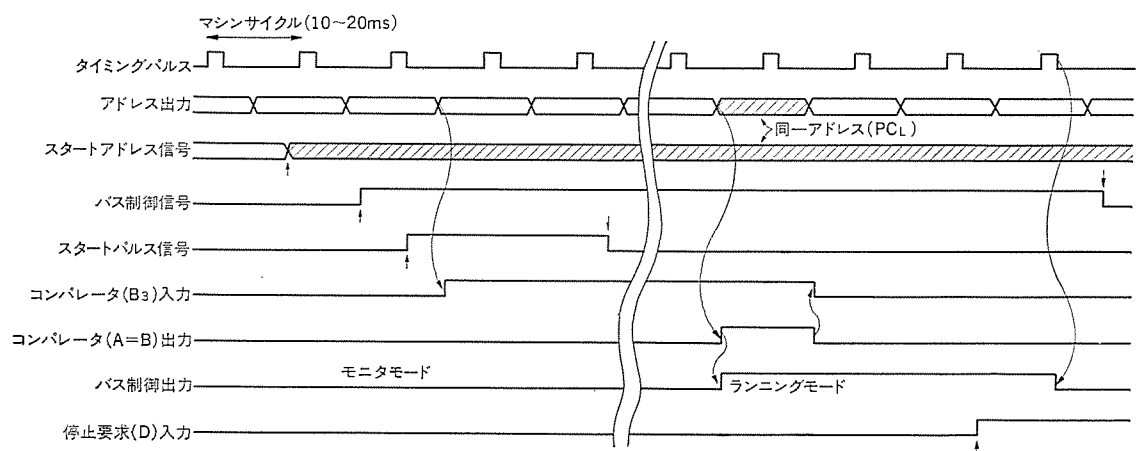


図5. コントロール回路



(注) ↓ ↑ はモニタCPUによる信号セット・リセットでタイミングパルスとは非同期である。

図6. バス制御のタイミング

ングの実行は、まずスタートアドレス (PC_L) をスタートアドレスセットポートにセットし、スタートパルス信号を出力する。このスタートアドレスと停止状態 (NOP 命令を実行してプログラムカウンタ PC_L を順次インクリメントしている) のデバッグ CPU のプログラムカウンタ (PC_L) が一致した時点で、コンパレータ出力 (A=B) が H レベルになる。このコンパレータ出力によりバス制御用 F/F はプリセット、つまりモニタモードからランニングモードに切換えられる。ランニングモードからモニタモードへの切換えは、ブレイクポイント入力又は停止要求信号によって行われる。シングルステップ動作の実行は停止要求信号を常時セットしたままランニング実行を開始することにより、1 命令実行-停止のサイクルをくり返している。

デバッグ CPU の入出力ポートの状態表示は、アナログ入力ポート K の内容をコンパレータにより、入力値の概略が分かるように変形して表示し、出力ポート S、D については使いやすい TTL レベルに変換した出力も提供している。

4.3 ソフトウェアの構成と機能

4.3.1 メモリマップ (含 I/O ポート)

デバッグマシン のメモリマップを図 7. に示す。I/O ポートはメモリマップド I/O で、モニタプログラムは 3 K バイトである。256 バイトのワーキング RAM は、スタック、表示用バッファ、デバッグ CPU のレジスタ待避メモリ、ハンストレーション設定メモリ、ブレイクポイント設定メモリとして使用している。

4.3.2 モニタ機能

(A) リセットモード

最高の優先度を有するモードで、リセット (RST) キー入力により、システムのリセットを行い、デバッグ CPU のレジスタを待避させ、ファンクショ

ンキー入力待ちとなる。システムのリセットとしてはデバッグ CPU のリセット、ブレイクポイントのリセットを行う。

(B) プログラムモード

プログラム RAM の内容確認、インストラクションセットを行うモードである。モニタプログラムでは、インストラクションのワード数と入力データが、有効か否かのチェックを行っている。アドレス、インストラクションの入力データが無効であれば、エラーとなり、表示とブザーで知らせる。

(C) データモード

デバッグ作業中に使用されるモードで、デバッグ CPU の RAM (128×4) の読出し・書込みを行う。RAM のアドレスは、データポイントと呼ばれる Z・X・Y レジスタで指定する。

(D) レジスタモード

デバッグ CPU のレジスタをチェックするモードで、レジスタ A・B・C・E・H・L・CPS・CY・Z・X・Y については表示とプリセットが可能であり、J(Y)・EI/DI・INT-H/L については、表示のみである。

(E) ブレイクポイントモード

アドレス指定によるブレイクポイントをセット、リセットするモードで、16 個のブレイクポイントを設定することができる。

(F) ランニングモード

デバッグ CPU をリアルタイムでランニング実行させるためのモードで、ランニング実行中は、リセット、ホルトキー入力のみ受け付ける。

(G) ホルトモード

ランニング実行中のデバッグ CPU がブレイクポイントに到達したとき、又はホルト (HLT) キーの入力があつたとき、このモードになる。このモードになると、ランニング実行は停止され、停止時のデバッグ CPU の状態を表示する。

(H) シングルステップモード

デバッグ CPU にシングルステップ動作を実行させるモードで、シングルステップ動作実行後は、レジスタの状態と次のアドレスを表示する。

(I) PROM プログラムモード

4 K バイトのプログラム RAM の内容を、1 K バイト単位で PROM に書込むためのモードで、書込みの完了は表示とブザーで知らせる。

(J) PROM リストモード

1 K バイトの PROM の内容を、プログラム RAM へ転送するモードで、転送が完了すると終了の表示をしてブザーで知らせる。

5. む す び

1 チップマイクロコンピュータの家電製品への応用が拡大するにつれ、その開発コストの低減と納期の短縮は、さらに強く望まれるであろう。ここに紹介したデバッグマシンなどの開発システムは、この要望に十分答え得るものと考えるが、更に、セルフアセンブラ、逆アセンブラなどの機能を追加し、より充実させることも必要である。

(昭和 53-8-18 受付)

参 考 文 献

- (1) 松尾ほか：三菱電機技報，52，No. 4，p. 273 (昭 53)
- (2) 三菱ワンチップ 4 ビットマイクロコンピュータ (データブック)

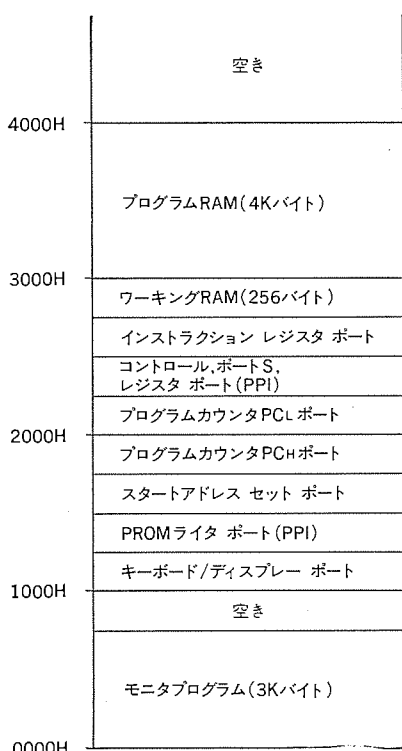


図 7. デバッグマシンのメモリマップ

当社の登録実用新案

| 登録番号 | 名 称 | 考 案 者 | 登録番号 | 名 称 | 考 案 者 |
|---------|----------------------|--------------------------------------|---------|-------------------|--------------------------------------|
| 1152820 | 空調調和装置 | 海老原公寛 | 1154757 | 可潜形電動機のケーブル接続装置 | 山本 作衛・星野 博賢 |
| 1152821 | 液体燃料燃焼装置 | { 田 畑 則 一・伊 藤 利 朗 森 川 允 弘・松 永 直 利 | 1154758 | 気泡発生器 | 川 合 輝 一・渡 辺 正 子 |
| 1152822 | 電磁粒子式制動装置 | 村 田 俊 哉・小 林 良 治 | 1154759 | 集中冷暖房装置の放熱器 | { 小 原 英 一・小 林 恵 治 石 塚 幹 夫・生 井 講 蔵 |
| 1152823 | 電磁粒子式制動装置 | 村 田 俊 哉・小 林 良 治 | 1154760 | 遠心送風機の羽根車 | 村 岡 正 隆 |
| 1152824 | 点弧位相制御装置 | 木 村 好 男・赤 松 昌 彦 | 1154761 | 天井蛍光灯吊下げ装置 | 閑 歳 弘 通・鈴 木 実 |
| 1153429 | タイムスイッチ | 武 田 克 己・新 川 成 美 | 1154762 | 蓄熱式冷房または暖房装置 | 上 田 和 弘 |
| 1153435 | レコードプレーヤーのピックアップ制動装置 | 三 瓶 富 雄 | 1154763 | 半導体回路装置 | 瀬 戸 信 二・高 橋 武 敏 |
| 1154723 | 機関点火用断続器装置 | 荒 川 利 弘 | 1154764 | 気泡発生器のホース支持装置 | 川 合 輝 一 |
| 1154724 | カード読み取り装置の読み取りチェック回路 | 三 上 晃 一・村 田 厚 | 1154765 | 気泡発生器のホース支持装置 | 川 合 輝 一 |
| 1154725 | 磁気ドラム起動制御装置 | 斉 藤 善 治 | 1154766 | 冷房または冷房装置 | 岩 崎 善 彦 |
| 1154726 | 遮断器の引外し装置 | 米 崎 増 雄 | 1154767 | 半導体素子測定装置 | 山 本 勇・武 田 武 房 |
| 1154727 | 車輛盗難防止装置 | 三 木 隆 雄 | 1154768 | 溶接用ワイヤスプールのブレーキ装置 | 後 藤 洋 治・熊 谷 正 男 |
| 1154728 | ミシン | 森 田 稔・稲 井 邦 広 | 1154769 | 点火装置 | 熊 谷 健 司 |
| 1154729 | 乾燥装置 | 酒 井 勝 正・大 橋 和 清 | 1154770 | 半導体装置 | 竹 中 敏 夫・波 戸 元 省 三 |
| 1154730 | 回転電機の冷却装置 | 田 中 康 夫 | 1154771 | 全空気式ヒートポンプ | 小 林 靖 夫・倉 川 章 |
| 1154731 | 真空開閉装置 | 杉 尾 憲 一 | 1154772 | マンコンベヤの運搬装置 | 石 田 松 彦 |
| 1154732 | 回転電機の冷却用ファン | 柳 沢 公 人 | 1154773 | 飯びつ兼用炊飯器 | { 大 沢 和 夫・石 井 寛 夫 宇 佐 見 忠 |
| 1154733 | ヒューズ装置 | 岩 崎 行 夫・太 田 忍 | 1154774 | 植込ボルトの締付工具 | { 高 橋 文 昭・中 島 洋 安 藤 純 一 |
| 1154734 | スチームアイロン | { 小 川 昇・荒 木 勲 大 竹 操・河 村 洋 | 1154775 | 保温器等における保温容器の保温装置 | { 大 沢 和 夫・石 井 寛 夫 鶴 谷 嘉 正 |
| 1154735 | パルス発生装置 | 林 正 之・山 根 満 徳 | 1154776 | 換気扇用風向調節装置 | 鈴 木 欽 三 |
| 1154736 | 放電管点灯回路 | 岡 村 宗 和・木 村 健 治 | 1154777 | 密閉型電動圧縮機の衝撃振動緩和器 | 久 山 貴 美 雄・石 嶋 孝 次 |
| 1154737 | 半導体整流装置用故障検出装置 | 鈴 木 敏 夫 | 1154778 | 自吸式うず巻ポンプ | { 板 谷 芳 之・福 田 博 人 伊 藤 義 樹・山 岸 義 正 |
| 1154738 | コード巻取装置 | { 長 嶺 元・福 田 興 司 高 橋 豊 | 1154779 | 多段圧縮式冷凍装置 | 伊 藤 博 |
| 1154739 | 遠隔調整装置 | 平 居 宣 威・大 橋 弘 幸 | 1154780 | 電気機器の冷却装置 | 大 倉 敏 幹 |
| 1154740 | 映像検波回路 | 中 島 義 充 | 1154781 | 暖房装置 | { 田 中 修・福 島 満 八 代 勝 雄・吉 田 整 司 |
| 1154741 | 電池保持装置 | 元 木 義 明・和 田 安 司 | 1154782 | 冷暖房機 | 前 川 登 |
| 1154742 | 電力量計算等の引出掛金装置 | 竹 下 重 樹 | 1158550 | 極数変換形誘導電動機 | 葛 西 東 海 男 |
| 1154743 | 超電導電磁石のくら形コイル用スパーサー | 宮 地 哲 郎 | 1158551 | 電圧調整器付発電機 | 和 田 一 二 三 |
| 1154744 | 連結装置 | 福 永 慎 一 | 1158552 | 圧力抑制装置 | 岸 田 光 宏 |
| 1154745 | 情報再生装置 | 高 石 皎・福 山 敬 治 | 1158553 | エレベータの運転制御装置 | 村 松 洋・兼 松 豊 |
| 1154746 | 変圧器保護装置 | 天 野 恒 | 1158554 | 2方向送り装置 | 岩 田 年 勝 |
| 1154747 | 湿式多板形電磁連結装置 | 小 林 良 治 | 1158555 | 帯状物の走行装置 | 小 舟 英 喜 |
| 1154748 | 防水形照明器具 | 今 井 将・井 上 員 成 | 1158556 | シーヒーターの接続端子 | 田 中 和 義・市 村 伸 男 |
| 1154749 | 計算機の表示装置 | 志 賀 正 明・西 健 一 | 1158557 | インパクト工具 | 秋 吉 俊 男 |
| 1154750 | 小形圧縮機の吐出弁 | 遠 藤 誠 | 1158558 | 電気ヒーター等の電気絶縁固定装置 | 海 野 賢・望 月 勝 美 |
| 1154751 | 食器洗浄機 | { 新 井 勝 紀・鶴 谷 嘉 正 岡 島 清 二 | 1158559 | 内歯々車の抜止め装置 | 大 藪 寛 史・秋 吉 俊 男 |
| 1154752 | 電動井戸ポンプの逆流防止装置 | 伊 藤 義 樹 | 1158560 | 加熱式曲げ加工装置 | 小 林 利 行 |
| 1154753 | 二重密閉型電動圧縮機 | 標 博 雄 | 1159095 | テンプ脱進機の始動装置 | 新 川 成 美 |
| 1154754 | 冷凍装置 | 丸 山 佳 宏 | 1159097 | 地絡距離継電装置 | 鈴 木 健 治・畑 田 稔 |
| 1154755 | 流体移送装置 | 徳 島 勝 憲 | 1159098 | 内燃機関点火装置 | 三 木 隆 雄・矢 野 悦 治 |
| 1154756 | エレベータの戸開閉装置 | 中 田 稔・石 嶋 進 | | | |

| 登録番号 | 名 称 | 考 案 者 | 登録番号 | 名 称 | 考 案 者 |
|---------|--------------------------|------------|---------|----------------------------|---------------------|
| 1159099 | 組立式機械室 | 飛田 徹二 | 1160043 | 軸止め装置 | 竹下 重樹・大和田政毅 |
| 1159100 | 機関点火装置用 ケース | 才田 敏和 | 1160044 | 引出し装置の逆入防止機構 | 小林 広・乗鞍隆義 |
| 1159101 | ホイスワイヤー の過巻防止装置 | 窪田 正美 | 1160045 | 変圧器開放熱器 | 川中 進・森 章文 |
| 1159102 | 磁石発電機の制御装置 | 小野 健一 | 1160046 | テレビカメラ 移動装置 | 佐伯義行 |
| 1159103 | 計器箱などの取付金具 | 新川 成美 | 1160047 | 電気掃除機 | 加藤 悟・榊 道治 |
| 1159104 | 電力量の遠隔計量装置 | 佐藤 安俊 | 1160048 | 往復揺動形圧縮機 | 忠 五雄 |
| 1159105 | 積算 メータの间歇駆動装置 | 林 正之 | 1160049 | 接着溶剤定量塗布装置 | 井上 隆之・滝原征一郎 |
| 1159106 | 回転圧縮機 | 松永 勝利 | 1160050 | マニピュレータ | 木村 敏文 |
| 1159107 | 連続多層盛溶接装置 | 富永 勲・田中 憲 | 1160051 | 変圧器 コイル 支持装置 | 杉山 稔 |
| 1159108 | 軸受給油装置 | 内川鉄夫・宇都弓輝 | 1160052 | 施錠装置 | 鈴木太八郎 |
| 1159109 | 電動調理機 | 岩田尚之・岩崎公一 | 1160053 | 半導体発光装置 | {中尾佳生・平野昌彦 内海良和 |
| 1159110 | 空調和機 | 下島明彦・大堀正春 | 1160054 | 照明器具用 セード | {武田輝明・高田 弘 桂 秀年 |
| 1159111 | 圧縮機の取付装置 | 田中 満 | 1160055 | 密閉形電動圧縮機 | 松永 勝利 |
| 1159112 | 圧縮機の取付装置 | 田中 満 | 1160056 | 往復回転位置決め機構 | 鈴木 俊夫 |
| 1159113 | 軸受潤滑装置 | 岡 祐輔・鍋井秀一 | 1160057 | 圧接型半導体 スタック用圧力表示装置 | 山下 信三 |
| 1159114 | 空調和装置の風向変更装置 | 鈴木太八郎 | 1160058 | 裏座ぐり工具 | 泉井 豊 |
| 1159115 | 空調和機 | 小原英一・石塚幹夫 | 1160059 | 電子レンジの箱体 | 熊田泰治・小野清隆 |
| 1159116 | 開閉装置 | 渡辺睦夫・池本一雄 | 1160060 | 高周波加熱装置 | 田村 邦夫 |
| 1159117 | 電気炉の制御装置 | 浅岡 正久 | 1160061 | 表示装置 | 須崎 渉 |
| 1159118 | ジュース用 ジュース 容器 | 岩田尚之・杉田 信 | 1160062 | 半導体装置 | 米田 良忠 |
| 1159119 | 負圧 スイッチ | 今田 裕 | 1160063 | 高速回転 レーダアンテナ | 福井清緝 |
| 1159120 | 加熱装置 | 藤室 雅司 | 1160064 | 限流装置 | {宮本紀男・和田勇一 森 貞次郎 |
| 1159121 | 冷媒圧縮装置 | 田中 満 | 1160065 | エレベータ 着床制御装置 | 安西伸夫・加藤孝雄 |
| 1159122 | 冷蔵庫等の タクト 装置 | 西郷 勝 | 1161025 | 回転電機における スラスト軸受け 摩耗検出装置 | {山本作衛・仲 稔 三浦守生 |
| 1159123 | ベルト式動力伝達装置 | 上野 直 | 1161026 | コンテナ 自動離脱器 | 木名瀬武男 |
| 1159124 | スキッドレール | 喜多村弘明 | 1161027 | ブラシ | 長嶺 元・高橋 豊 |
| 1159125 | 冷暖房機 | 前川 登 | 1161028 | 電気掃除機の集塵装置 | 加藤 悟・田山 勇 |
| 1159126 | 分離形空調和機の配管配線引出し部カバー | 野田富士夫 | 1161564 | 電極支持板 | 野阪英莊 |
| 1160025 | 照光模擬母線装置 | 立石 俊夫 | 1161565 | 冷却風道装置 | 桜田 武・鉄野治雄 |
| 1160026 | 高圧閉鎖配電盤 | 水溜和哉 | 1161566 | 給水容器 | 細川昭仁・藤間 武 |
| 1160027 | 導電体の絶縁装置 | 松田 節之 | 1161567 | 浄化槽攪拌機 | 大築勲靖 |
| 1160028 | 正温度特性抵抗素子を用いた電気器具の短絡保護装置 | 加太義武 | 1161568 | 内燃機関点火装置 | 大西正義 |
| 1160029 | 電動工具 | 入江 厚・田中 実 | 1161569 | 冷媒圧縮機 | 古川 博一 |
| 1160030 | 内燃機関点火装置 | 才田 敏和 | 1161570 | 直流機の制御装置 | 森岡 邦雄 |
| 1160031 | コルゲートホーン | 田中義昭 | 1163803 | 開閉器 | 長尾良章・渋川弘一 |
| 1160032 | コルゲートホーン | 田中義昭・小西秀幸 | 1163804 | しゃ断器制御回路 | 佐藤 邦彦 |
| 1160033 | 直線材集積装置 | 森口勝正・松田年弘 | 1163805 | 負荷時 タップ 切換器 | 外賀俊彦 |
| 1160034 | 内燃機関点火装置 | 才田 敏和 | 1163806 | 分電盤 | 辻 徳雄・山本英和 |
| 1160035 | 常開型 スイッチ | 田中 道章 | 1163807 | 点火用 ヒーター の取付け装置 | 慶野長治・後藤完二 |
| 1160036 | 機関点火時期調整装置 | 才田 敏和・佐藤吉正 | 1163808 | 積算量遠隔指示装置 | 高橋賢治 |
| 1160037 | 内燃機関点火装置 | 林 正博・大西正義 | 1163809 | 表示装置 | 福井 貢 |
| 1160038 | スイッチ 取付装置 | 川合 輝一 | 1163810 | 負荷分析装置 | 三好明好・小林照明 |
| 1160039 | 回転電機の固定子 | 鶴野秀之 | 1163811 | 接続装置 | 東村秀国・長谷川 優 |
| 1160040 | 機関点火時期調整装置 | 大西正義 | | | |
| 1160041 | つまみ | 中尾 敏夫 | | | |
| 1160042 | 油入機器の呼吸装置 | 伊藤 芳夫・武田克郎 | | | |

マイコン内蔵電子レンジ〈モデルET-701T〉

小畑 哲男*・高瀬 明生*・堤 孝夫*・塚原 宏明*・田浦 賢一**

1. マイコンコンピュータ導入経緯

電子レンジの加熱原理は、既に周知のように食品自体の誘電体損を応用する誘電加熱方式にあるため、従来の伝導・対流・ふく(輻)射を利用する調理器に比べ加熱効率がよく取れること、物質自体の材質差による選択加熱が可能であること、加熱手段が電磁波であるため表面、内部を同時に加熱できることによる高速加熱が可能である等の従来にない調理器としての特長を有している。反面、これらの特長は、使用法が難しいという欠点につながりやすく、一般家庭に電子レンジを普及させるには、種々雑多な食品を簡単な操作でうまく調理できる制御機能の開発・付加が必要となり、時間・出力・温度制御等の調理制御手段の開発・検討が重要課題となっている。

このためのハードウェアは、従来トランジスタ回路を主体とするディスクリート回路であったが、近年のLSI技術の急速な発展とともに登場してきた各種LSIデバイスの中で、マスクROM内蔵の1チップマイクロコンピュータが登場するに及び、少量でもチップコスト自体の急激な低下が可能となり、設計面での容易さ、量産性、信頼性、実装スペース等のマイコンの本来有する優位性も加わり導入が進んできている。以下に、当社が米国向けに開発したマイコンとう(搭)載電子レンジの1機種、モデルET-701Tへのマイコン応用部分を中心に、制御システムの機能・構成について紹介する。

2. モデルET-701Tの機能

図1.にET-701Tの外観を示す。この電子レンジは、カウンタトップタイプで、最大出力700W、オーブン は粉体塗装の表面を有するキャビティサイズ1.3cuft、ドアの前面パリアはガラスで構成し、電子レンジとしての制御機能はすべてマイクロコンピュータに集約している。

制御内容は、時間制御・出力制御・温度制御が、単独あるいは複数同時に可能であり、調理のメモリフェーズとしてはDEFROST、COOK 1、COOK 2の3段階有しているため、プログラム調理を設定できる。

入力パネルは、図2.に示すKEY構成を有するガラス製のキャパシティブ方式のタッチパネルを使用し、汚れに対する清掃性を良くするとともに、高級感、信頼性を向上させている。

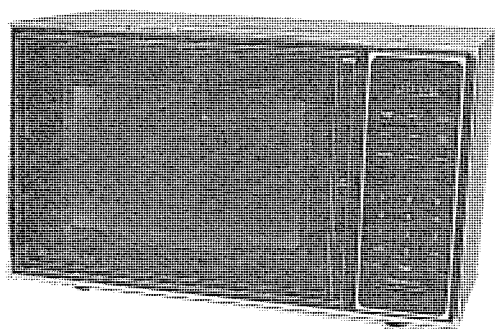


図1. ET-701T形電子レンジ

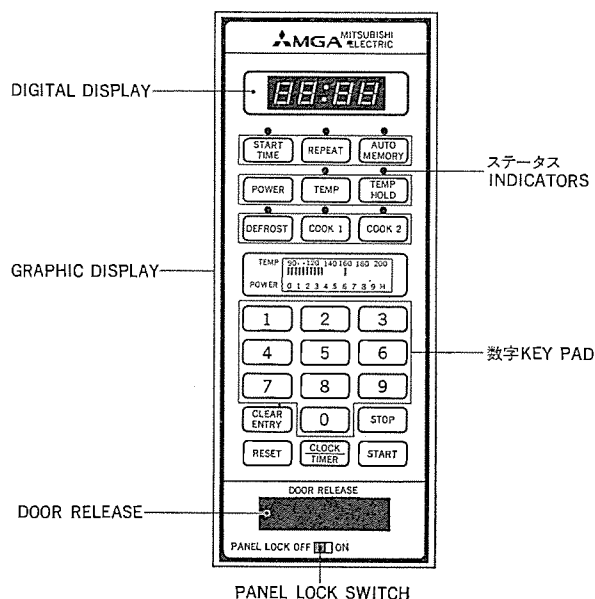


図2. タッチパネルのKEY PAD構成図

基本操作シーケンスは、FUNCTION PAD→NUMERICAL PADの操作順で、設定時はそれぞれのKEY PADに軽く触れるだけで良い。FUNCTION PADをタッチすると、そのFUNCTIONに相当するRAM内のメモリ内容がDISPLAYにリコールされるメモリリコール機能として動作するので、調理プログラム設定後、入力値の再確認に使用する。調理のメモリフェーズは3段階あるが、設定順序に無関係に、DEFROST→COOK 1→COOK 2へと、動作は自動的に移行する。

2.1 タッチパネルの制御機能

(1) 調理制御の機能と操作

基本調理サイクルは、前述のようにDEFROST、COOK 1、COOK 2の3段階あり、これにREPEATと称する繰り返し回数機能を組合せることができるため、合計27段階の連続調理動作を設定することができる。

DEFROSTは、主に解凍用に使用するサイクルで、COOK 1、2が主加熱に使用するサイクルである。DEFROSTサイクルは、加熱後自動的にHALTサイクルと称する出力0で放置する時間帯が自動的にセットされる点、設定可能最大出力が50%までという点で、COOK 1、2サイクルと異なる。このようにDEFROSTサイクルを分離した理由は、誘電加熱の有する調理の難しさ、すなわち、水と氷の誘電率の差に基づく均一解凍の難しさをカバーする方法として、加熱出力を比較的低出力で、かつ、加熱後CARRY OVER HEAT期間を設けることで、熱の伝導効果のある程度働かせるためである。また、DEFROSTとREPEATを組合せることで、ほぼ完全な解凍がET-701Tでは可能となる。

ET-701TでのHALT期間は、DEFROSTサイクルで設定された加熱時間と同一時間が自動的に設定される方法を取っている。各調

表 1. 基本調理フェーズの機能と操作

| 調理サイクル | 調理制御内容 | 操 作 手 順 | 制 御 範 囲 |
|-----------------|--------|---------------------------------|--|
| DEFROST サイクル | 時間制御 | [DEFROST] NUMERIC... | ● 1秒～99分59秒 ● HALT TIME 自動SET (HALT TIME = DEFROST TIME) |
| | 出力制御 | [POWER] [DEFROST] NUMERIC... | 0%～50%(10%きざみ) |
| COOK 1 サイクル | 時間制御 | [COOK 1] NUMERIC... | 1秒～99分59秒 |
| | 出力制御 | [POWER] [COOK 1] NUMERIC... | 0%～100%(10%きざみ) |
| | 温度制御 | [TEMP] [COOK 1] NUMERIC... | 90°F～200°F(5°Fきざみ) |
| | | [TEMP HOLD] [COOK 1] NUMERIC... | ● 95°F～200°F(5°Fきざみ) ● 保温時間 無限又は1秒～99分59秒 |
| COOK 2 サイクル | 時間制御 | [COOK 2] NUMERIC... | COOK 1に同じ |
| | 出力制御 | [POWER] [COOK 2] NUMERIC... | COOK 1に同じ |
| | 温度制御 | [TEMP] [COOK 2] NUMERIC... | COOK 1に同じ |
| | | [TEMP HOLD] [COOK 2] NUMERIC... | COOK 1に同じ |

理サイクルの制御可能内容と操作を一覧表にして示したものが表 1. である。各調理サイクルは、出力 0% での設定を可能にしているが、この理由は、解凍時の HALT 期間を調理に合わせ自由に設定可能とするためである。

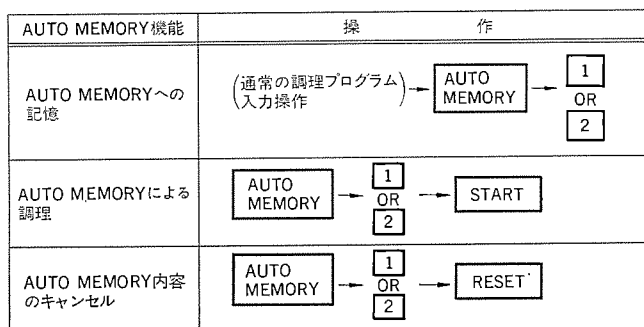
ET-701 T では温度制御機能を充実するため、2種類の温度制御モードを可能としている。1つは、設定温度に達するとその加熱サイクルを終了する通常の温度制御であり、今1つは、設定温度到達後、その温度で、別途設定された時間、あるいはキャンセルされるまで加熱を繰り返させる制御である。前者は、TEMP PAD により設定され、主に肉類の調理に使用される。後者は、TEMP HOLD PAD により設定され、煮込み・保温等に使用される。調理サイクルは、DEFROST から COOK 1, COOK 2 へ移行するが、特に設定されない調理サイクルは、飛び越される。

表 1. に示す基本調理サイクルは、REPEAT PAD により最大 9 回まで繰り返させることができる。この REPEAT 機能は、解凍機能を大幅に向上させるため特に設けられたもので、出力制御の細かい ON/OFF の外に、大きな時間幅での弱出力加熱→休止→弱出力加熱→休止のサイクルを自動的に与えることで、従来難しかった電子レンジでの解凍性能を、途中ほとんど人手を介することなく高速で可能とするものである。したがって、実使用上は DEFROST と REPEAT を組合せる（この場合は、加熱時間=休止時間）か、COOK 1, COOK 2 の 2 フェーズを使用し、この内一方を出力 0 の HALT 期間として使用し、他方を加熱サイクルとして、これに REPEAT を組合せて解凍する（この場合は、加熱時間と HALT 時間はそれぞれ任意に設定可能）という 2 つの方法を自由に選択使用できる。

(2) その他の制御機能

調理制御以外の機能としては、時計機能、外部タイマ機能、調理開始時間を指定して自動的に調理プログラムを動作させる DELAY COOKING 機能がある。一方、設定を簡単化するための手段として、AUTO MEMORY 機能がある。これは家庭でよく使用する調理をあらかじめ入力しておく、と再使用の時に極めて簡単な操作で調理を行うことができる。ET-701 T では、2 品目まで調理を 3 つの調理フェーズにわたり記憶させることができる。AUTO MEMORY 関連の操作を表 2. に示す。

表 2. AUTO MEMORY 機能の使用法



(3) 起動、停止、クリア機能

動作の起動は、すべて START PAD により行う。動作を一時停止させる場合は STOP PAD に触れるか、ドアを開ければよい。入力の訂正には、RESET と CLEAR ENTRY があり、RESET は調理プログラムをすべてクリアするときに使用し、CLEAR ENTRY は直前の入力のみの訂正の際に使用する。また、実行フェーズの途中で次の調理フェーズに動作を移行させたいときは、この CLEAR ENTRY に触れることにより、実行フェーズだけ SKIP することができる。

(4) パネルロック機能

パネルロック機能は、入力パネルを有効にしたり無効にしたりする機能で、タッチパネル下端にあるスイッチの ON/OFF で機能し、動作はマイコンのソフトウェアで処理する。この機能を特に付加した理由は、入力パネルがタッチパネルであるため、誤ってパネルに接触した場合の誤入力保護、子供のいたずらによる入力防止の外、パネルを経由するノイズ等に対する保護にも有効である。したがって、調理をスタートさせた後、パネルロック機能を ON すれば、長いプログラム調理の間も電子レンジの近くから安心して離れることができよう。

2. 2 表示系

表示部は、4 けたの数字表示部、棒グラフ表示部、及びステータス表示としての LED 群の 3 系統からなる。数字表示部は、置数表示、時間表示を中心に機能する部分で、デバイスはけい光表示を使用している。棒グラフ表示部は、8 本のバー表示部ごとに 1 グリッド構成として計 24 バーを有する表示器で、温度制御時の食品温度表示、設定値表示に使用する。設定温度は 1 本のバーの輝線状態で表示し、検出温度を棒グラフで表示する。この表示方式を取ることで、設定温度と検出温度を同一の表示部に同時に表示できるため、調理の進み方を容易には(把)握でき、かつデジタル処理でありながらアナログに近い表示であるため、非常に見やすい構成が可能となる。表示分解能は 5°F であり、したがって 1 本のバー当たり 5°F の変化に相当する。

この棒グラフ表示部には、出力レベルを直接数字発光させる出力表示部分も同時に作り込んでおり、使用中の出力レベル表示を併せて行っている。

3. システム構成とハードウェア

ET-701 T のシステム構成図を図 3. に示す。使用しているマイクロコンピュータは、専用プログラムを収納した 2 K バイトのソフトウェア収納用マスク ROM と、一時的なデータを収納する 512 bit の RAM を内蔵した 4 bit マイクロコンピュータで、調理制御のほとんどをこのチップ内のソフト処理で行っている。このチップは P-MOS デバイスで、内部処理するための入力情報をすべて 4 本の K 入力から取り込む必要がある

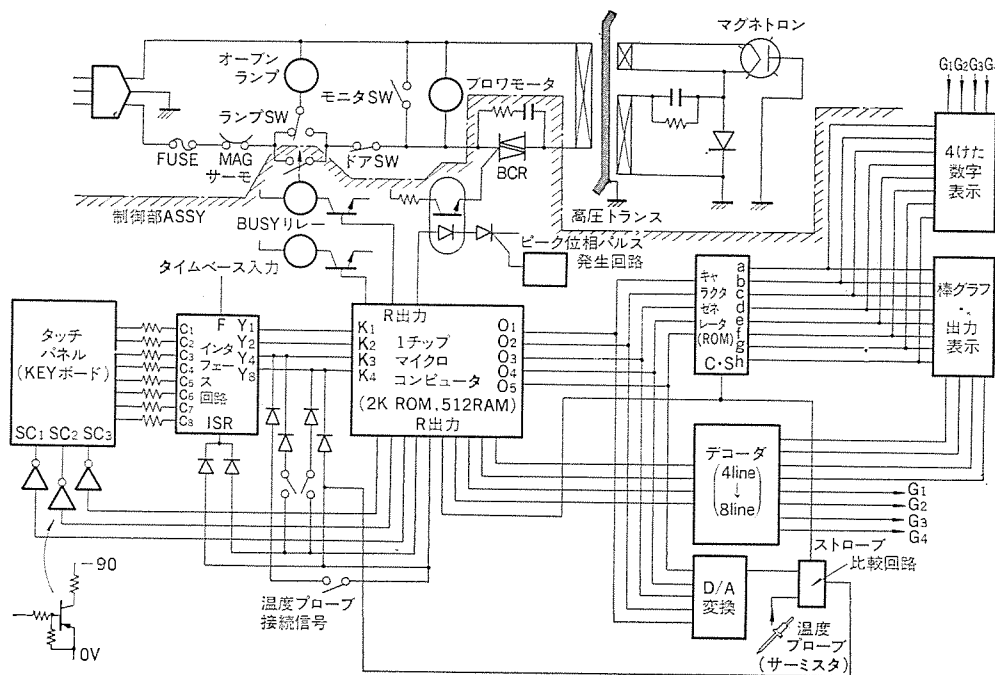


図 3. ET-701 T 形電子レンジシステム構成図

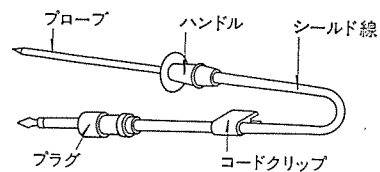


図 4. 温度プローブ
外観図

3.1 タッチ パネル入力部と インタフェース回路

タッチパネルの構造、等価回路は図5.に示すようにガラスの両面に導電膜を蒸着・塗付したキャパシティブ方式のタッチパネルを使用している。

動作は、走査パルスとして290V程度の振幅のパルス電圧を、マトリクス接続したKEYの3本の行ラインに順次位相を変えて入力し、パネルの導電膜で形成されるKEYのコンデンサを通した出力パルスと比較レータに入力する。人体は、2個の

コンデンサの中心に触れる構成となっているため、人体接触時はKEYコンデンサを通した走査パルス出力は、人体のインピーダンスを通してアースにバイパスされるため、人体の非接触時に比べアース電位付近に上昇する。したがって、コンパレータの基準電圧を人体の接触の有無による走査パルス出力の変化の中間値に設定すれば、コンパレータ出力から人体の接触、非接触がデジタル信号で得られる。

実際の場合、それぞれのKEYの出力レベルはそのKEYの幾何学的配置の差異、及びプリント基板上でのコンパレータまでの配線長の変化等によりストレイキャパシタンスが変動するため図6.に示すような特性を描く。コンパレータを含むインタフェース回路は1チップ化されており、ピン数の制約から基準電圧は各KEY共通に与えられるハードウェアとなっており、タッチパネルとしての全体が安定に動作できる値に基準電圧を選ぶ必要がある。このため、人体の接触の有無による走査パルスの出力の変化値を、各KEY共そろえることによる全体としての安定動作範囲の拡大が必要となり、このためプリント基板上のパターンの配置、ディスクリートなコンデンサによる補償、更にはタッチパネル裏電極の配置、大きさ等の調整が必要となる。

インタフェース回路は、MSI化され、コンパレータで検出された出力を一時ラッチし、エンコーダ、マルチプレクサを介してコード化信号としてマ

ため、個々にラッチを有するR出力からストローブを発生させ、これに同期させて種々の入力情報を取り込む。R出力は、このほか個々にHi・Loの指定ができるため制御出力用として使用し、表示制御、出力制御等に使用している。出力系統としては、このほかO出力があり、この出力は表示データアドレス、D/A変換回路への温度データ出力等の並列コード出力として使用する。

棒グラフ表示のキャラクタゼネレータとして外付ROMを設け、棒グラフ及び7セグメントの表示コードを発生させている。このROMは、32バイトのヒューズROMで、O出力よりアドレス信号を受けて8本の出力端子より、それぞれの表示内容に応じたパターンコードを発生する。

食品の温度検出手段となる温度プローブを図4.に示す。このプローブ内先端にサーミスタを入れ温度検出信号はアナログで得られる。この信号をマイクロコンピュータで制御するため、O出力から5bitのコード出力を組合せて順次発生させ、この信号をD/A変換回路を通して温度プローブからの入力電圧と比較判定し、食品温度を逆算する方法を取っている。

K入力は、タッチパネルからのKEY入力信号、ステータス情報としてのドア開閉信号、温度プローブ接続信号、温度プローブ比較信号、50/60Hz切換信号、

パネルロック信号がR出力のストローブにより時分割で入力される。タッチパネルからの信号は、インタフェース回路によりコード化された後4ラインのK入力へ接続される。以下、ハードウェアの主要部のみ更に詳述する。

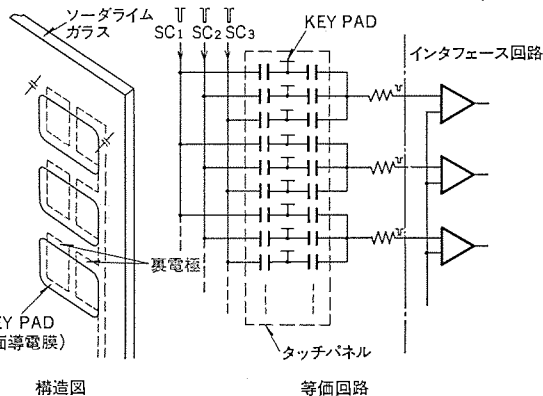


図 5. タッチパネル構造と等価回路

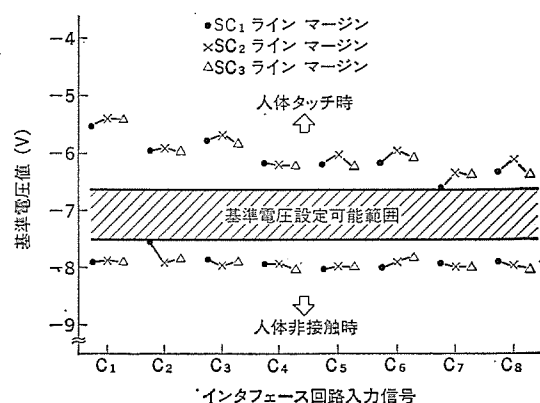


図 6. タッチパネルの動作範囲特性例

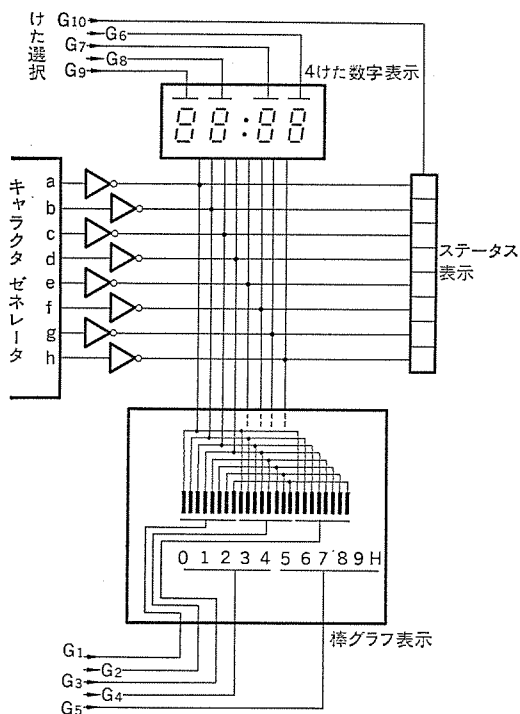


図 7. 表示回路系統図

表 3. キャラクタゼネレータの棒グラフ部コード

| アドレス (10進数) | O出力コード O ₅ O ₄ O ₃ O ₂ O ₁ | | | | | キャラクタゼネレータ出力 a b c d e f g h | | | | | | | | 表示内容 | |
|----------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------|-----|
| | O ₅ | O ₄ | O ₃ | O ₂ | O ₁ | a | b | c | d | e | f | g | h | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 数字 {} | |
| 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 出力O表示 | 5表示 |
| 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 6 " |
| 18 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 7 " |
| 19 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 8 " |
| 20 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 9 " |
| 21 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | H " |
| 22 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | |
| 23 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 24 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 26 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 27 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 28 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | |
| 29 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | |
| 30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | |
| 31 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |

アイコンK入力へ信号を出力する。マルチプレクサは、タイムベース信号としての商用波をマイコンに時分割で入力するための回路で、ISR信号によりKEY信号と分離される。KEY信号をラッチする回路は、3相の走査パルスの中間位相で発生されるISR信号でリセットされ、新たなKEY入力に備えるように動作制御する。

3.2 表示部

表示系については、図7.に示すように、数字4けた、棒グラフ3けた、出力2けた、ステータス表示1けたの合計10けたをダイナミック表示している。けた選択信号はR出力から、データ信号はO出力からヒューズROMのアドレスを指定し、表示コードを発生させる。キャラクタゼネレータとなるヒューズROM内の棒グラフに関連する表示コードを表3.に示す。棒グラフの表示は、前述のとおり設定値を単1バー、実測値を連続棒グラフ表示のパターンで、高速で切換え表示させるため、人間の目では同一表示器内で2種の情報が同時に表示されてい

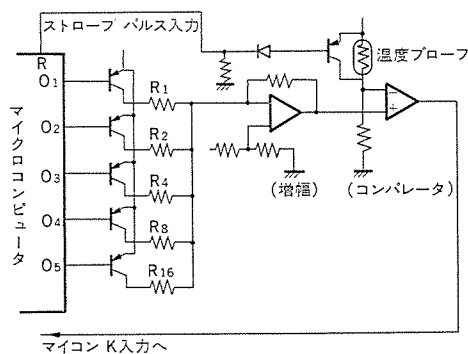


図 8. 温度プローブ周辺回路図

るように見える。

数字表示、ステータス表示については、通常の表示方法と同一である。ただし、表示パターンはやはり外付ヒューズROMより発生される点は、棒グラフの場合と同様である。

3.3 温度プローブ周辺回路

温度プローブ周辺回路を図8.に示す。マイコンO出力から、5bitのコード出力を(0, 0, 0, 0, 0)から順次1ずつ増加する出力として発生

させ、このコード信号をD/A変換回路となる抵抗ラダー回路に入力し、O出力からの5bitコードを階段波状のアナログ電圧の変化に置き換える。この階段波電圧をOPアンプで増幅し、コンパレータの基準電圧とする。温度プローブ側の抵抗ブリッジ回路からのDC電圧をこの基準電圧の1階段波ごとにストローブをかけて逐次大小比較を行い、このコンパレータ出力をストローブをかけてK入力に帰還する。そして、このコンパレータ出力が反転した時のO出力コードから、ソフトウェアで現在の食品温度を逆算し、この温度に対応する棒グラフコードの発生、及び内部温度制御処理を行う。階段波の分解能は5°Fで、温度プローブ側のサーミスタ特性の非直線性を補正するためD/A変換後のアンプのゲインを140°Fの位置で切換え、90°F~200°Fの全領域にわたって回路精度を向上させている。

3.4 出力制御部

ET-701Tの電源部の制御は、BCR及びBUSYリレーにより行う。BUSYリレーは、電源スイッチとしての機能と、アグネロン冷却のためのプロモータの制御を行っており、BCRは、直接出力制御時のメイン電流のON/OFF制御、30秒周期のDUTYコントロールによる出力変化制御を行う。このためのマイコン制御信号としては、スタティック出力が必要なことからそれぞれR出力の1つを占有する。

BCR制御信号は、ホットカプを介して絶縁した後、電源波のピーク位相でBCRを点弧するためのピーク位相検出パルスと、AND回路的に接続され、BCRゲートへ信号を供給する。これは、高圧トランスの電源投入時の過渡突流を抑制するために設けている。またBUSYリレーの接点には、ON/OFF時に直接メイン電流が流れないようにBCRがある時間関係を有して動作しており、リレー接点の寿命は極めて長く取れる。

4. ソフトウェア

マイクロコンピュータ内のROMに収納するソフトウェアのシステムフローを図9.に示す。個々のソフトウェアは通常の処理方法と大きな差はないが、システム的にはREFRESH DELAYルーチンを入れることにより、種類の処理に分歧しても表示のDUTY、及びREFRESH周波数に大きな変動が生じないように表示のちらつきには特に気を配っている。

棒グラフの表示制御方式は、8本のバーを1けたとし、検出温度を8種のパターンで棒グラフ表示する。したがって1例として、190°F設定で、検出温度150°Fの場合の表示の順序を表3.と図7.を使用して説明すると、最初O出力よりアドレス信号として31番地を5bitのバイナリ信号として発生させ、同時にG₁にHi信号を供給する。次いでO出力に29番地に相当するバイナリ信号を発生させるとともに、G₂にHi信号を供給し、検出温度を棒グラフとして表示する。

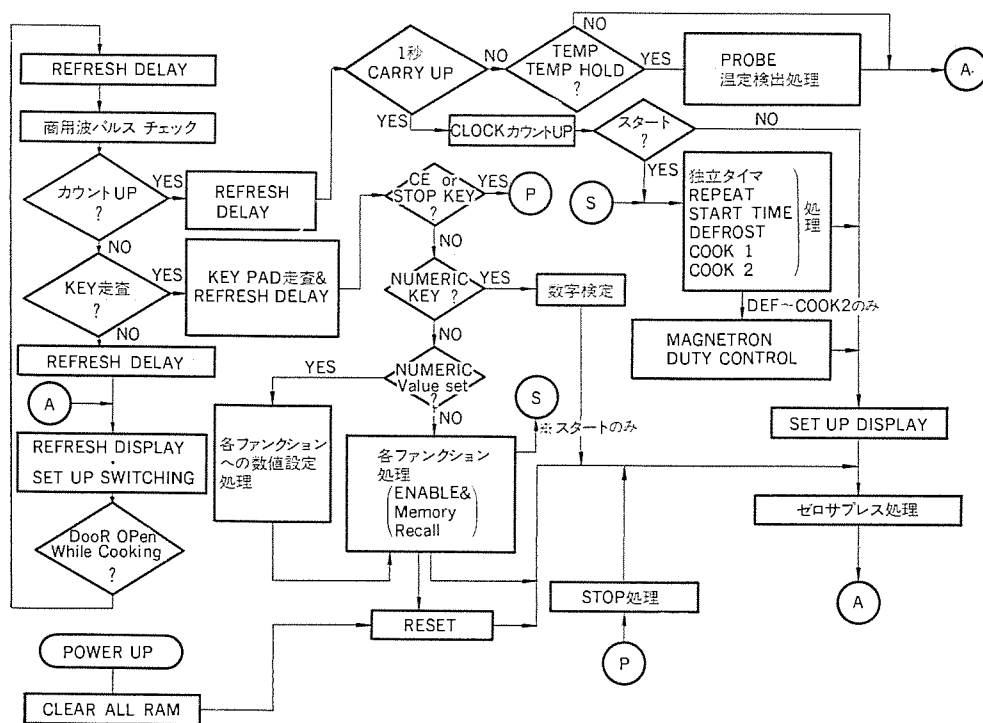


図 9. ソフトウェア システム フローチャート

次の棒グラフ表示のタイミングになると今度は、アドレス信号として 21 番地を選択し、同時に G_3 を Hi にすることにより設定値表示する。

マイコン O 出力は、この表示の際のアドレス指定と、次に述べる D/A 変換のデータ出力端子として使用するが、表示タイミングのときは、R 出力より、外付ヒューズ ROM を ENABLE にする信号をチップ選択端子に印加し、D/A 変換タイミング時は、この信号を切換えてヒューズ ROM を D_1 SENABLE にした後、O 出力から D/A 変換のためのコード出力を発生させる。

D/A 変換時の O 出力からのコード出力は、最初 5 bit の 0 から 1 ずつバイナリとして順次増加させて温度を検出していくが、1 度温度を検出すると、次の温度検出タイミングではこの温度付近のみのコードを発生させ、検出温度を追尾していく。この O 出力から発生されるコードは、テーブルを介して温度値と対応している。

タッチパネルからの入力読込みは、KEY PAD に人体が接触後マイコン RAM 内に入力されるまでの時間は 0.5 秒の時間遅れを持たせている。この期間内に 2 度走査させ、2 度とも同一 PAD に接触がなされていることをマイコンが確認後、初めて正規の入力と見なすソフトウェアとなっている。置数内容については、それぞれ制御範囲に対応する数字であるか否かの判定機能を設け、誤入力をリジェクトさせる誤り検出機能を設けている。

5. 実装と量産

上記の制御系は、A、B 2 枚のプリントカードに集約し、A カードには

マイコンを含む処理回路、入出力回路等の弱電部、B カードにはこの制御系の電源回路を実装している。タッチパネルと A カード間の接触は、ばね接点に用いている。

この 2 枚のカードは、ガラス製のタッチパネルを固定するコントロールパネルに板金部品を使用して機械的に固定し、BCR、BUSY リレーをも含めた制御部を組立てて単独に動作する形にまとめている。したがって、量産に当たっては制御部単独で種々の動作確認をした後、組立状態で本体組立てのメインラインに投入し、電子レンジ本体に少数のねじで固定した後、コネクタ接続で本体回路と電気的に接続する。

量産時の組立て、検査のフローは、主要部品をまず部品段階で受入検査し、部品レベルでのスクリーニングを行う。それからカード・AS SY として完成後、カードテストを

用いて自動選別され、コントロールパネル、タッチパネル、BCR、トランス等と組合せ制御部を組立てる。この状態で、エージング工程を経た後本体に取付け電子レンジとしての最終の検査を経て出荷する。

マイクロコンピュータを応用した家電機器の場合、制御処理の中核はほとんどマイコンチップ、及びこの周辺チップに集約され、部品点数は従来のディスクリート回路に比べ大幅に減少している。したがって、チップ段階でのエージング、スクリーニングの強化で、組立てとしてのエージングを省略できる可能性は十分にあり、この方法に近づけることがコスト、エージングスペース等の面ではるかに有利であり、今後の検討課題である。

6. むすび

電子レンジへのマイクロコンピュータ応用につき、主に技術面を中心に記述してきたが、電子レンジを含めた調理機器へのマイクロコンピュータ応用は、今日その端緒についた段階にある。調理機器を中心において、マイコンの有する機能をハードウェアの面だけでなく調理のソフトウェアを含めた今後の開発・改良が必要と考えられる。今日の状態はパフォーマンス、信頼性の点で 1 つの準備段階を完了したところと言えよう。今後はハード、ソフト両面の研究の進展にともなって、マイクロコンピュータの機能が使用者の使いやすい形で商品の特長として生かされる方向に指向する。

TV用プログラマブルタイマへのマイコン応用

正田 茂雄*・大川 雄 敬*・江 頭 英 隆**

1. ま え が き

TV 受像機は、放送局で組まれた番組を表示する装置から、個人生活の多様化に対応すべく、時間や番組を自由に選択して表示する装置へ変化しつつある。ラジオ放送におけるカセットテープの流行、TV放送におけるVTRなどは身近に経験するところであり、外国の例を挙げれば、英国BBC放送におけるテレテキストなどにその傾向をみることができる。テレテキストにおいては、TV画面にユーザの指定する文庫を映しだし、本をめくるように、画面上のページをめくることができるようである⁽¹⁾。

我が国においては、そのようなサービスはまだ開始のはこびになっていないが、現在の放送の録音、録画あるいは自作テープの再生などを組合せ、プログラム化することにより、計画的な生活、個人のペースを生かした暮らしができるのではなかろうか。

このような考えから、プログラマブルなタイマを開発・試作した。表題にはTV用としたが、用途は前述のようにVTR、リモコン、他の機器などは汎用的なものであり、具体例としてTV組込みの場合を示した。

2. 装置の基本的な仕様

情報を記録し、時間(時刻)との関連をもって、何らかの処理を必要とする場合、表1.に示す機能を備える必要がある。これらの機能を備えたシステムは、情報入力機器や制御対象である機器の仕様、並びに、情報の内容により相当異なったものとなる。視聴覚機器であることの経済性、民生品であることの仕様の多様性などを考えると、情報をインプットする方法はユーザ自身のキー操作によるものが最も経済的であり、妥当な方法と考える。

プログラムタイマにおける情報には、時刻指定(いつ)、機器番号(どの機器を)、制御内容(どうするか)が、含まれていなくてはならない。時刻指定は、生活のペース、放送番組の編成などを考慮する必要があるが、曜日を示す情報が含まれてはならない。機器番号としてのTVチャンネル数、制御内容としての電源ON/OFF制御は、最低限必要であろう。

これらの情報を内容とする何組かの記憶を、人間の誤操作を容認しつつ機能する素子は、従来の電子回路よりマイクロコンピュータのほうに適している。マイクロコンピュータには、キーの情報を読みとり、正しいものであるか否かの判断をする機能や、専用の記憶素子を用いて回路を構成するよりも、合理的、経済的な回路が備わっている。加

表 1. プログラムタイマの基本機能

| | |
|--------------|------------------------|
| (1) 情報のインプット | 情報入力媒体と媒体を通じて情報を読みとる機能 |
| (2) 情報の記憶 | 読みとった情報の長期間保存と変更、抹消の機能 |
| (3) 時計と計時 | 時刻の設定並びに積算計数の機能と表示の機能 |
| (4) 比較・判定 | 記憶内容と記憶値の比較並びに一致判定機能 |
| (5) 機器制御 | 一致した場合の機器コントロール機能 |

表 2. TV 用 プログラム タイマ の仕様

| 項 目 | 内 容 |
|-------------|---|
| (1) プログラム機能 | 曜日、開始時、終了時、チャンネルを組とする情報を記憶する。 時間は1分単位、チャンネルは最高16 曜日指定は次の3通り ① 平日(月～金)連続放映物の指定 ② 毎週連続物の指定 ③ 単発番組の指定 プログラム容量は最高7組 |
| (2) インプット形式 | キー入力方式 曜日、チャンネル、時間はワンブッシュ・ワンカウントアップ並びに押し続けは、0.5秒ごとの自動カウントアップとする。 キーインはLED、時刻設定は数字表示付き。 |
| (3) 記憶内容呼出し | 曜日指定は、該当曜日データを5秒間隔で順次表示、 曜日指定ない時、当日の現時刻以降データ表示。 |
| (4) 記憶消去 | 指定の1個消去及び全消去。 |
| (5) 表 示 | 2段表示。上段は開始時刻、下段終了時刻。 |
| (6) 制 御 出 力 | 時刻一致時に、直列パルスによるチャンネル出力と、レベル出力 |

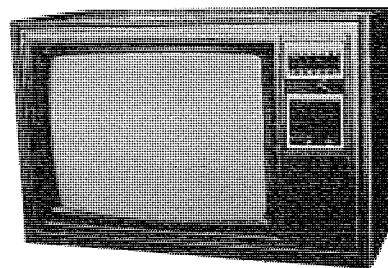


図 1. 外 観

えて、時計機能、時計と記憶内容の比較や判定などを容易にし得る機能がある。これらの事柄は、既に電子レンジにおいて経験し、立証されている。

我々がまとめたTV用としての基本仕様と、試作した装置の外観を表2.、図1.に示す。

3. 装置の構成と処理内容

図2.に、ハードウェア接続図、図3.に、プログラムの配置図、図4.に、データメモリの配置図を示す。これらの図をもとに、各部分の動作、信号の流れ、機能の生かされ方を説明する。

3.1 人とのインタフェース

装置と操作する人との意思交換は、表示器とキーによって行われる。キーの並び、表示器の外観を図5.に、キー配置図を図6.に示す。はじめて電源を投入したユーザに対し、数字表示器はオールゼロの点滅を示し、時刻設定がまだなされていないことを知らせる。時刻の設定は、プログラムタイマの基準データとなるため、最初の設定において、時刻が正しく設定されなくてはならない。データメモリのクリアなど、初期動作を終了したプログラムは、ゼロの点滅を繰り返しながら時刻設定がなされる「時計キー」だけを検出し、他のいかなるキーも

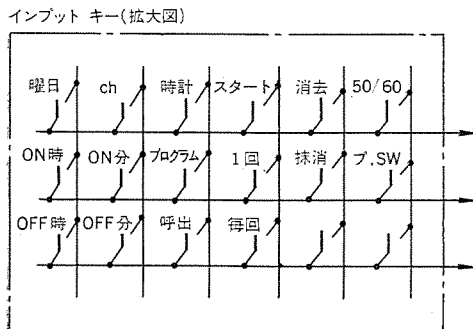
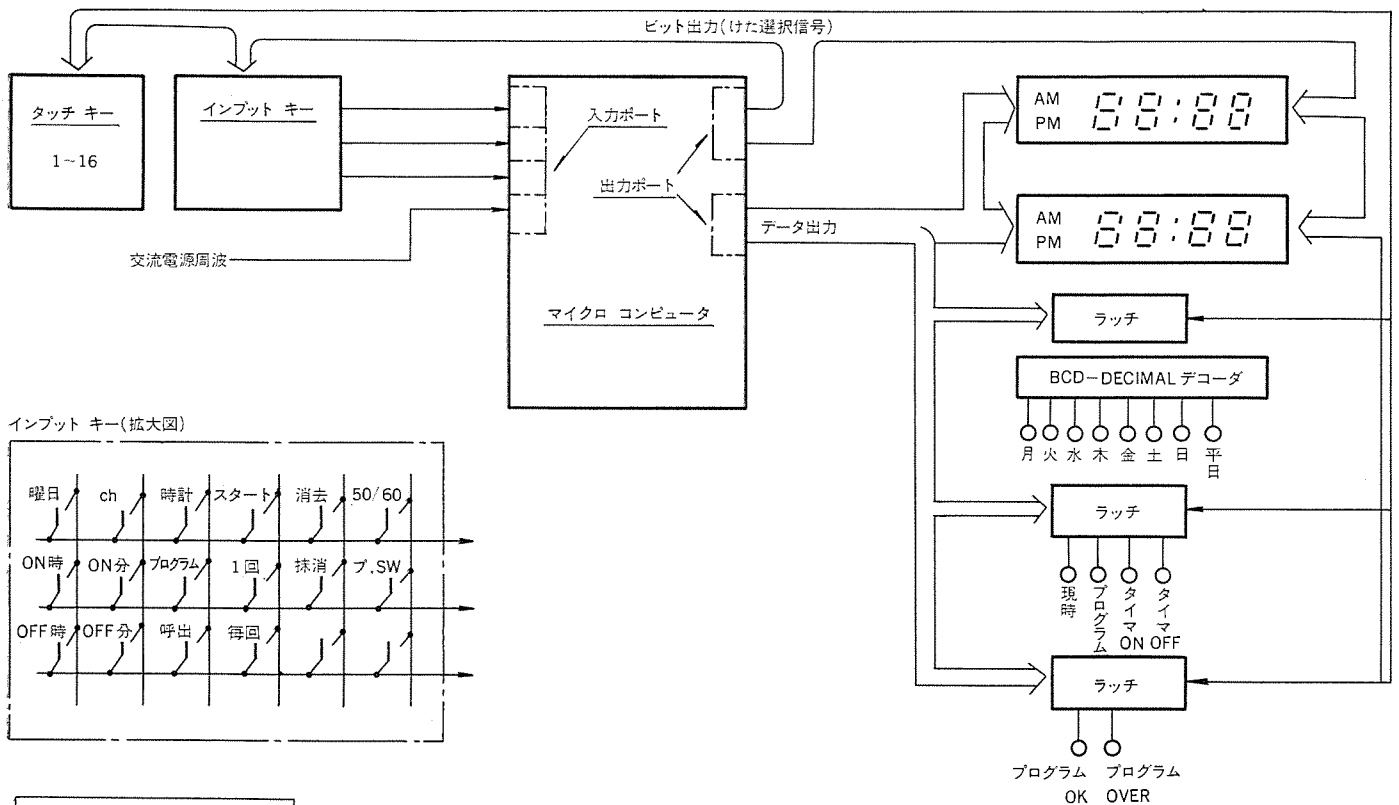


図 2. ハードウェア接続図

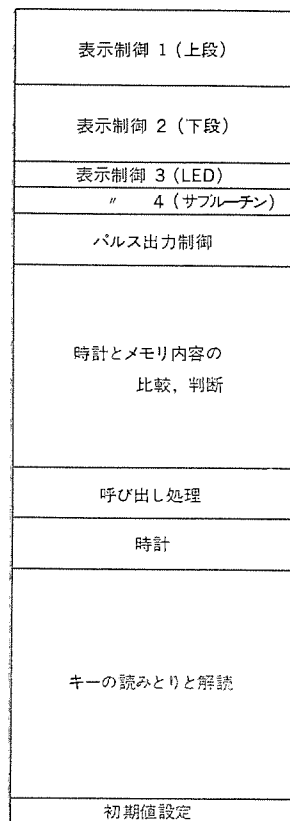


図 3. プログラム配置図
(全容量 2 Kワード)

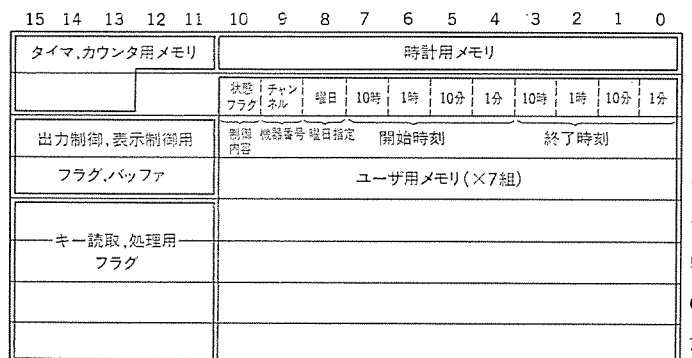


図 4. データメモリの配置図

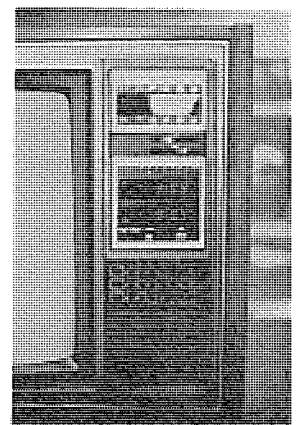


図 5. キー及び表示器の外観

受付けない。
時刻設定の方法は、「時計キー」を押した後、盤面矢印に従い「時間キー」、「分キー」を押して、時刻表示を現在時刻に合わせればよい。キーは、ワンプッシュでワンカウントアップするし、押し続けると自動的にカウントアップする。分から時間へのけた上げはないので、腕時計より1分タイマを進めておき、秒針に合わせて「スタートキー」を押せば時刻設定は終わり、この瞬間から曜日付きの時計は動きはじめる。時刻の表示は、曜日を指示するLED表示と、上段数字表示器に表示される。

このプログラマブルタイマの特長は、このような平日（月曜日から金曜日）の毎日指定によるプログラムが可能な点にある。プログラムをインプットする手順は、時刻設定を含めすべて左側から始まり右端に終

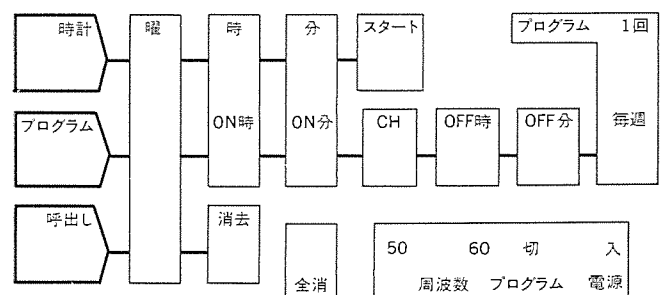


図 6. キーの配置図

わる。盤面にも印されているように、「プログラムキー」、「曜日キー」、「ON時」、「ON分」、「チャンネル」、「OFF時」、「OFF分」と順に右へ移動し、最後に「毎週」又は「1回」を押せばよい。

このように、キーは操作する人の意思を装置に伝えるものであり、操作のしやすいものでなくてはならない。盤面におけるキーの配置、矢印によるガイダンスに加え、千ワード以上のプログラムがこの目的の

ために費やされている。プログラムは、キー操作の自由度を増し、左端の機能キー、右端のエントリキーを除き、他のキーを押す順序は自由となった。

3.2 表示

インプットキーの読みとりは、スキャンパルスによる方法がよく知られている。キー読みとりのパルスを表示器のけた選択信号と共用することは、マイクロコンピュータの有効利用に役立ち、プログラムの処理を整然化し、デバッグ作業を短縮する。

この装置は、合計10けたの数字表示器があり、各けたが選択された時に該当するけたの情報をマイクロコンピュータから出力し、ダイナミックに表示している。この方法は、回路を構成するICの数を減らし価格の低下に役立つが、不快なちらつきをなくすためプログラムを構成するときに工夫を要する。60 Hz以上の高速でスキャンすることにより、ちらつきはほとんど感じない。

3.3 時計

図2.に示されているように、4本の入力線のうちの1本は電源周波の入力に専用されている。計時用の基準信号として用いるためであるが、プログラムだけを用いて時計を構成することも可能であり、マイクロコンピュータの中に特殊な計時機構を備えているものもある。交流電源を利用する方法は、50/60 Hzの切換えなど、プログラムが長くなる欠点を有しているが、C、Rなどで構成される安価な信号源より精度は良い。プログラムだけで計時をする場合には、いかなる場合でもプログラムステップ数を合わせる必要があり、タミーのプログラムなど内容のないメモリを浪費するむだがある。計時機構を備えたマイコンは価格が高い。どの方法を用いるかは、他の機能とメモリ容量との関連で決まることがあろう。この装置では、TV用としての他の装置との関連から電源周波を利用している。

3.4 制御出力

マイクロコンピュータがアウトプットする制御出力には、レベル信号とパルス信号を用意している。レベル信号は、そのまま機器の起動・停止などに利用することができ、パルス信号として出されるコードはチャンネル指定などに利用することができる。パルス信号は、他のレベル信号（一定時間経過後、消え去る）に先導されており、これらの信号を利用すれば、時間到着後、該当機器に何らかの前処理をさせてから、パルスコードに対応する処理を実行させることができる。パルス出力とレベル出力相互の関連を図7.に示す。

3.5 メモリ

一般に、家庭電気品に用いられるマイクロコンピュータは、データメモリ、プログラムメモリ、入出力インタフェースなど、コンピュータ機能のすべてを1個のチップに納めたワンチップ形が用いられる。ワンチップ形は、チップの数が少なく、その物自身の価格が安く、周辺回路や回路を構成する基板の節約など、メリットは大きい。しかし、反面において量の制約を受け、決められた容量にどのような機能を選択して入れるかという点で、技術者を悩ませる。この解決手段として、入出力ビットの割付け、データメモリの割付け、フラグの選定、サブルーチンの活用などが考えられる。

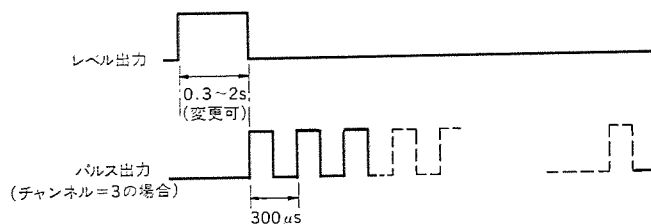


図7. レベル出力とパルス出力の関連図

この装置は、図4.に示すように、データメモリの60%強をユーザのために使用している。このエリアは、ユーザの指示する時刻を整然と格納し、記憶しておくためのメモリであり、内容の読出し、書込みを容易に行える配置となっている。整然と並べられた配置は、処理に要するプログラムを短くし、デバッグ作業に要する時間が短くなるメリットを有している。データメモリの20%は時計に関する一時記憶メモリであり、残りのフラグの過半数はキーの状態を知るためのものである。

データメモリの内容は、ユーザが「呼び出しキー」を押すことにより、理解しやすい形式に編集して表示される。曜日が指定されれば、該当する曜日の全データを5秒間隔で表示する。表示中に「消去キー」を押せばその情報は消え去り、メモリは空き状態となる。全部を消したい場合には、「抹消キー」が有効であり、誤って消されないようにプロテクトもされている。このタイマに使用したマイクロコンピュータは、128ワードのRAMメモリを有するワンチップ形であり、この中に、開始時刻、終了時刻などを内容とする7組のデータを記憶することができる配置とした。

4. む す び

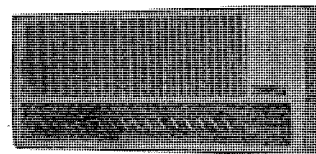
プログラマブルタイマは、TVなど装置に組込んで使われる用途もあるが、VTRやFM受信機などに共通的に利用することもできる。また、装置の同調・選局機構などと結合することにより、更に多くの機能を発揮することが考えられる。このような機能の向上に対する研究、経済性の検討などの開発過程を経て、ホームビデオ、オーディオ等の中に広く生かされていくであろう。(昭和53-8-16受付)

参 考 文 献

- (1) ヨーロッパにおける文字放送の現状, NHK技術月報, 20, No. 4 (昭52)
- (2) イメージ・チェンジ はかる家庭用映像情報処理装置, エレクトロニクス, 18, No. 2 (昭48)
- (3) 画像による教育, テレビジョン, 28, No. 12 (昭49)
- (4) 医用画像 システム, テレビジョン, 26, No. 11 (昭47)
- (5) 家庭用VTRを利用した簡易画像ファイル, テレビジョン, 26, No. 12 (昭47)
- (6) 開発すすむ多重放送, 電子技術, 18, No. 5 (昭51)
- (7) 情報処理ハンドブック, 情報処理学会編, オーム社 (昭52)

ルームエアコンへのマイコン応用

本田 嘉之*・高橋 修*・大塚 洋俣*・安藤 正俊**・新間 充**



1. ま え が き

高温・多湿な我が国の夏を快適に過ごすために、ルームエアコンは今や生活必需品となりつつある。普及率 30% を超えて成長期に入るとともに、室内空間の冷房（冷却・除湿）機能に加え高度な制御技術を駆使してよりいっそうきめ細かな快適制御が図られ、あわせて低消費電力化・低騒音化・軽量（うす形）が検討されるに及んで、ルームエアコンの商品としての完全度は数年前に比較して著しく高まっている。

当社においてもうす形ルームエアコン《霧ヶ峰》に、専用 IC を用いた〈グリーンサイン〉機構を付加して温度の目視化を行い、健康冷房の指針を明確にするなどきめ細かい制御に注力しているが、今回その上位機種として 4 ビット・1 チップマイコンを用いて一段と健康で快適な冷房を実現する MS-1804 R を製品化したのでその概要を報告する。

2. ルームエアコンの構成

MS-1804 R は室内及び室外ユニットからなるセパレート形のルームエアコンで、内部構成要素を図 1. に示す。

2.1 室内ユニット

室内ユニットの構成要素は次のとおりである。

- 冷媒系——蒸発器、冷媒配管
- 送風系——ラインフローファン（モータ）、スイングルーバ（モータ）、ジェットルーバ
- 制御系——マイコン制御ユニット、リモコンスイッチ、表示ユニット

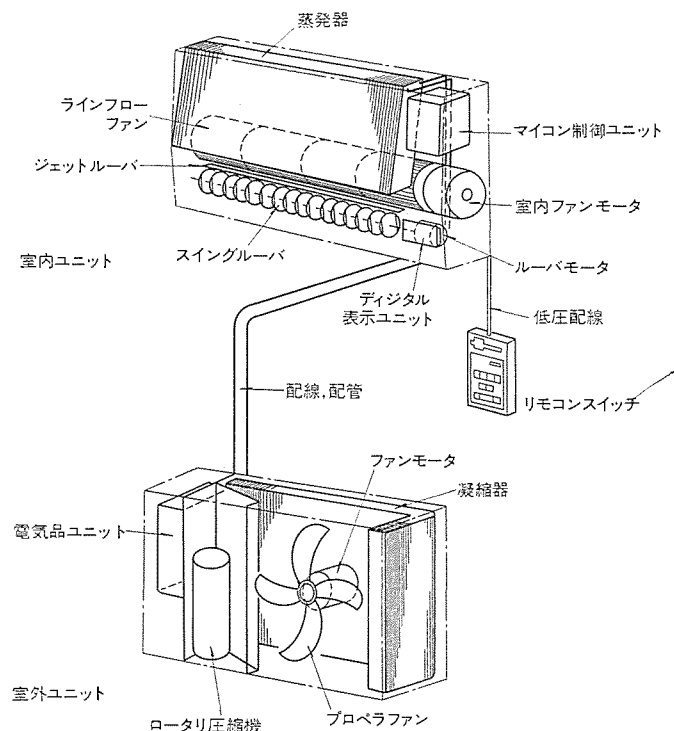


図 1. ルームエアコンの構成 (MS-1804 R 形)

表 1. ルームエアコン (MS-1804 R) 仕様

| 仕 様 (50/60 Hz) | | | |
|----------------|-------------|-------------------------|---------------------|
| 冷房能力 (kcal/h) | 1,600/1,800 | | |
| 電 源 | 単相 100 V | | |
| 消費電力 (W) | 600/730 | | |
| 全 電 流 (A) | 6.6/7.3 | | |
| 力 率 (%) | 91/100 | | |
| 始 動 電 流 (A) | 32/29 | | |
| 圧縮機出力 (W) | 500 | | |
| 送風機出力 (W) | 内 | 12 | 外 15 |
| 騒 音 値 (ホン) | 内 | 急 37/40 弱 26/26 強 33/34 | 外 強 41/43 弱 38/38 |
| 重 量 (kg) | 内 | 12 | 外 27 |
| 外 形 寸 法 (mm) | 内 | H 380×W 850×L 170 | 外 H 450×W 750×L 250 |

2.2 室外ユニット

室外ユニットの構成要素は次のとおりである。

- 冷媒系——凝縮器、毛細管、冷媒配管、圧縮器
- 送風系——プロペラファン（モータ）
- 制御系——電気品ユニット

これら室内・室外ユニット間は低圧・高圧 2 本の冷媒配管と単相 100 V 系の電気配線とで結ばれている。

表 1. に MS-1804 R の仕様を示す。

3. マイコン化コントローラ

ここでは表 2. に示すように、マイコン制御機能及び操作方法につきそのソフトウェア（プログラム）、ハードウェアの両面から詳述する。

3.1 マイコン制御機能

3.3.1 圧縮機モータの制御

室内ユニット吸込口に設置された高感度サーミスタの検知する温度とリモコンスイッチのキー操作で得られる 18～32°C の範囲のセット温度とを比較し、図 2. に示すパターンで圧縮機モータ及び室外ファンモータをオ

表 2. ルームエアコン (MS-1804 R) の機能

| 機 能 | 操 作 |
|-----------|--|
| 運 転 切 換 え | 送風 タイマ 連続 (調整) |
| 温 度 | 設 定 \uparrow/\downarrow キー (18～32°C) |
| | 表 示 設定温度と室内温度 (18～32°C) |
| | そ の 他 健康キー ワンタッチセット 27°C |
| 時 計 | 設 定 \uparrow/\downarrow キー AM/PM 12:00 |
| | 表 示 LED 数字表示 (4 けた) (温度と兼用) |
| タ イ マ | 設 定 \uparrow/\downarrow キー AM/PM 12:00 |
| | 表 示 入・切とも 5 秒、確認表示 (温度と兼用) |
| | そ の 他 入・切独立セット可、独立に解除可 |
| 再始動防止タイマ | 3 分 (点滅表示) |
| 室内ファン切換え | 自動 (サーモ連動) 3 段、手動 3 段 |

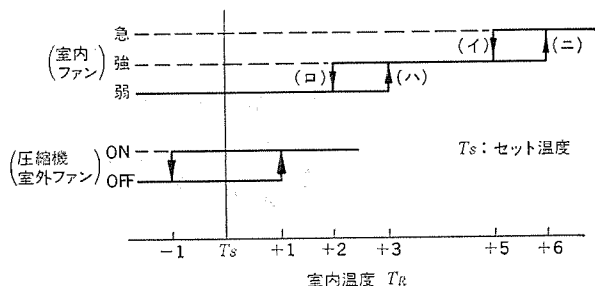


図 2. 圧縮機・室内ファンの運転パターン

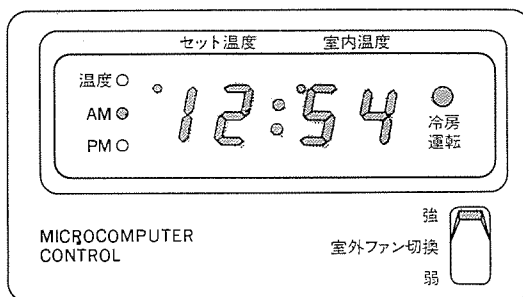


図 3. 表示ユニット

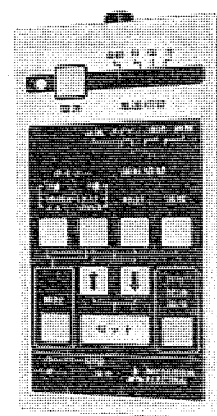


図 4. リモコンスイッチ 外観

ン・オフ制御する。ひん繁な室温の上下やセット温度の変更に対しては再起動防止タイマが自動的に働いて圧縮機モータの過負荷運転に起因する拘束を未然に防止している。

3. 1. 2 室内ファンモータの制御

リモコンスイッチの風速切換スイッチを「自動」に選ぶと室内温度 T_R とセット温度 T_s の温度差によって、室内ファンモータの速度は図 2. のパターンで自動的に急・強・弱運転に設定される。 T_s+6 , T_s+3 , の温度では(イ)(ニ)及び(ロ)(ハ)で示すようにおのおの 1°C の温度ヒステリシスを有しており、室温降下時は(イ)(ロ, 外乱による室温上昇時は(ハ)(ニ)の特性にそってファン速度の切換えが行われるが、温度測定時の分解能が 1°C である関係で、速度切換時に 10 秒の切換制限タイマを設けてファン乱調の可能性を完全に防止している。

3. 1. 3 プログラムタイマ

リモコンスイッチのキー操作により、おはようタイマ(時間がくると入る——入タイマと呼ぶ)とおやすみタイマ(時間がくると切れる——切タイマと呼ぶ)を 24 時間以内に各 1 回、1 分単位で設定できるので、オン・オフ・オン又はオフ・オン・オフのモードでタイマ運転が可能である。入タイマ又は切タイマいずれか一方だけの利用もできる。タイマ運転開始後 24 時間経過するといかなる設定においてもルームエアコンの全機能が停止するような安全設計がなされている。

3. 1. 4 温度測定

圧縮機モータ、室内ファンモータはそれぞれセット温度と室内温度との関連で制御されるため何らかの温度検出が必要である。ここではサーミスタ出力を D/A コンバータ出力と逐次比較する方法で 10 秒ごとに測定・記憶している。具体的な方法については後述する。

3. 1. 5 時計

電源周波数 (50/60 Hz) を基準としてマイコンのプログラムの一部として時計機能を有し、現在時刻を常時更新・記憶している。リモコンスイッチのキー操作によりその内容を表示できる。

3. 1. 6 表示制御

室内ユニットの表示部は図 3. で示すように、4 けたの数字表示 LED、温度/AM/PM 表示 LED、運転表示 LED で構成される。4 けたの数字表示 LED は 12 時間の時刻表示、プログラムタイマの設定時刻表示(入・切タイマ切替表示)及び左右 2 けたずつ使用して $18\sim 32^\circ\text{C}$ の範囲で 1°C ごとのセット温度・室内温度の表示をそれぞれ選択して点灯する。室内温度が上記の範囲外では点滅表示をする。温度、時刻のいずれを表示しているかは LED (温度・AM・PM) によって区別し、圧縮機モータと室外ファンモータのオン・オフは運転表示 LED によって識別が可能である。

リモコンスイッチには電源、入タイマ、切タイマがそれぞれ動作中であることを表示する 3 個の LED がある。電源表示 LED はルームエアコンが〈送風〉、〈タイマ〉、〈連続〉のいずれかの運転モードにある場合

点灯し、特に再起動防止タイマが動作中に運転要請があった場合は点滅表示を行ってその要請には応答できないことを知らせる。タイマ運転中に入タイマ、切タイマ LED が点灯している時は、点灯中の LED に該当するタイマの有効動作(ルームエアコンの入、切動作)が残っていることを示す。図 4. はリモコンスイッチの外観である。

以上の各項目に共通の特長として、サーモ関係の情報がすべてデジタル化されており、セット値と測定値の大小比較、表示が簡単であること、また「健康」キーを設けて容易に健康冷房の目安である 27°C のセットができることが挙げられる。この温度データを利用することによってセット温度と室内温度の関係でファンを自動運転することが容易となり、急速にしかも均一に冷房し、セット温度に近づいた後に静粛運転をするという特長を生み出すことができる。一方、時間情報も 12 時間時計を基準とするデジタル時計で処理しているので現時刻を常時は(把)握することはもちろん、プログラムタイマとしてエアコンを有効に使用できる利点を有する。

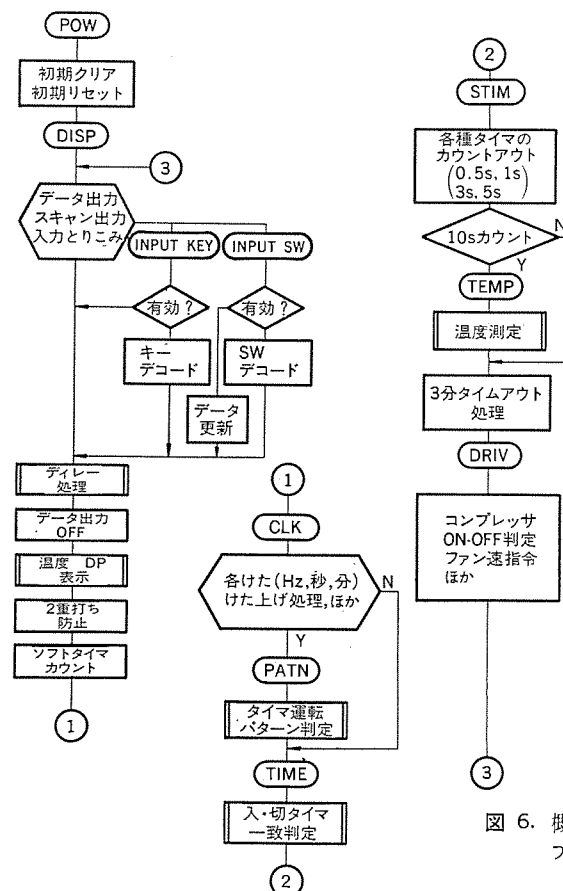
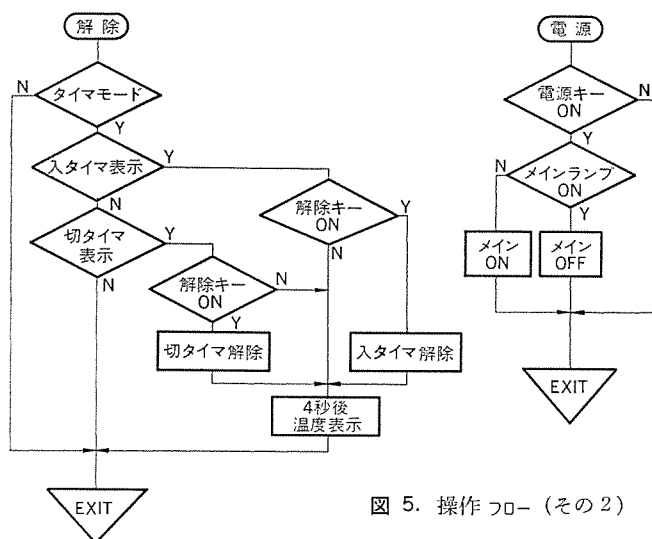
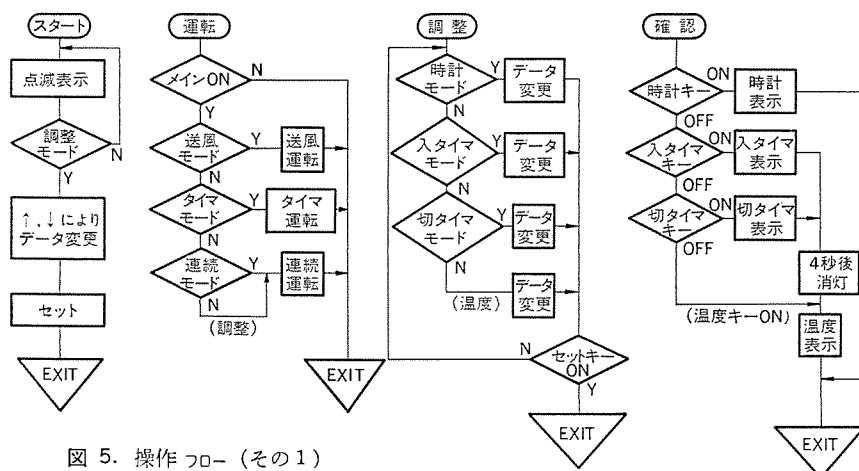
3. 2 操作方法

基本的な操作手順は、(1)表示、(2)表示されている数値の調整、(3)セット(メモリ)、(4)運転モードの指定、からなる。図 5. に操作フローを示す。図中、機能別にスタート・運転・調整・確認・解除・電源にそれぞれ分けているが、エアコンをコンセントに接続した時スタートから始まることを除いては EXIT を経てどのルーチンに飛ぶことも可能である。スタート時はまず「調整」にして、時計を \uparrow 又は \downarrow で現時刻にセットする。この現時刻をセットしないうちは他のデータセット及びエアコン動作は不可能である。温度及び時計関連情報のセットは「調整」モードで、内容確認は「調整」以外のモードでそれぞれ該当するキーを操作することにより行う。運転指令は「連続」・「タイマ」・「送風」のいずれかを選択して「電源」押下(電源 LED 点灯中は不要)することによって選択的に可能となる。タイマ運転では入・切タイマ LED が両方共点灯するが、いずれか一方不要の場合は図 5. の解除フローにより単一動作のタイマにできる。この場合解除動作を行ってもメモリ中のタイマ時刻は保持されている。

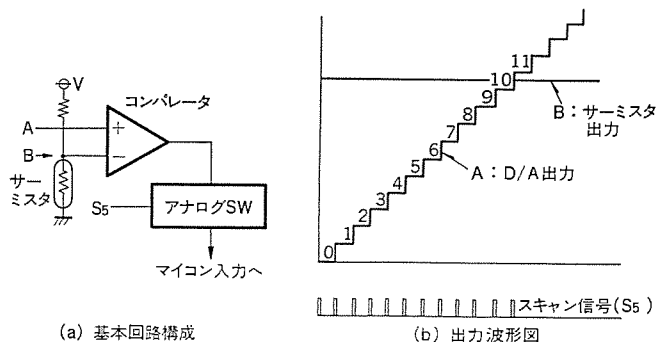
図 5. で示されていないが調整中の共通事項として、調整中であることを示す調整マークが上位けた左上すみに点灯し、「セット」を操作することにより消灯するので調整の完了とメモリへの登録が確認できること、及び \uparrow 又は \downarrow を連続押下したとき、押し始めの 7 カウントは低速(約 0.3 秒)で、以降は約 10 倍の高速でカウントし時間短縮を図る方法を採用(ただし温度セットは除く)していることが挙げられる。

3. 3 ソフトウェア構成

マイコン化制御器の最大の特長は 3. 1 節～3. 2 節で示した複雑な仕



様の大部分をマイコン内部のプログラムで処理するところにあり、したがって周辺回路部品を最小限に抑えることが課題となる。ここでは全般的なプログラムの流れを示してソフトウェアで処理される概略の内容を示すとともに、その中から代表的な2点を選んで詳述する。



い欠点がある。ここでは実用上問題がない程度に精度を下げてでも常時温度を記憶することによって、圧縮機モータのオン・オフヒステリシス、

室内ファン自動運転、室内温度などの情報として利用している。

図7. は温度測定法を示す図で、(a)は基本回路構成、(b)は各部の出力波形を示す。図8. は温度検知・表示のプログラムフローである。

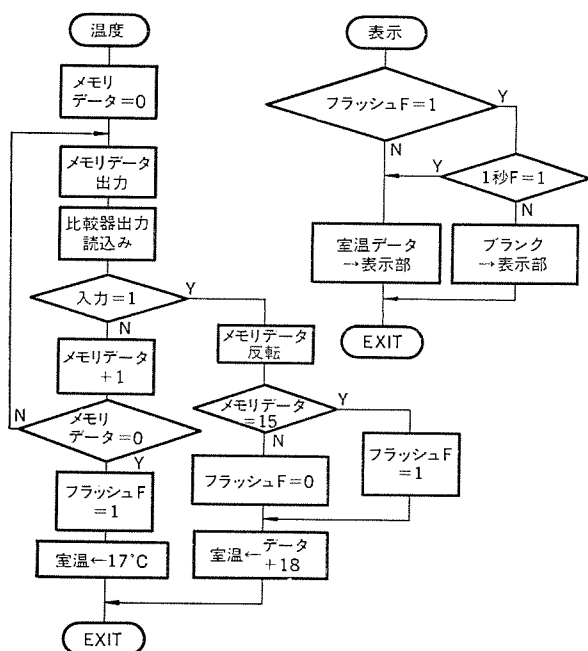


図 8. 温度検知・表示 フロー

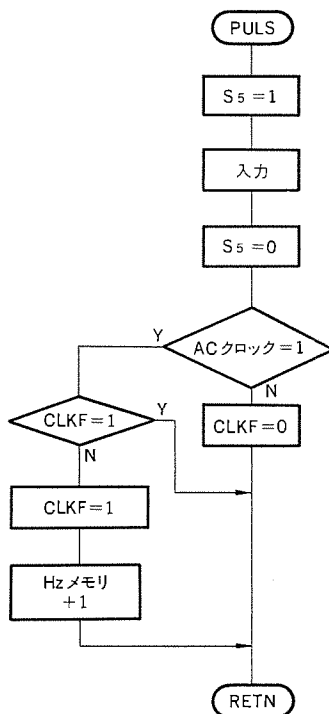


図 9. クロック検出 ルーチン

図7. (a)においてA点は4ビットのD/Aコンバータ出力、B点はサーミスタ出力を示す。いま仮に、サーミスタ出力が図7. (b)のB点にあるとすれば、図8. の測定ルーチンに入るとD/Aコンバータ用信号としてマイコンは「0」から順に出力する。同時にスキャン信号(S_5)を出力してマイコンの入力側でコンパレータからのH信号を待つ。コンパレータ信号がLであればD/Aコンバータ用信号が順次カウントアップされ、(b)で示すように「11」を出力した段階でH信号を受け測定を停止する。「11」(=1011)の補数(0100=4)をとり、18を加えた「22」を最終の温度データとしてメモリに登録する。温度範囲が0~15の間に入っていない場合は図8. のフローで明らかのようにフラッシュフラグ(F)を1に

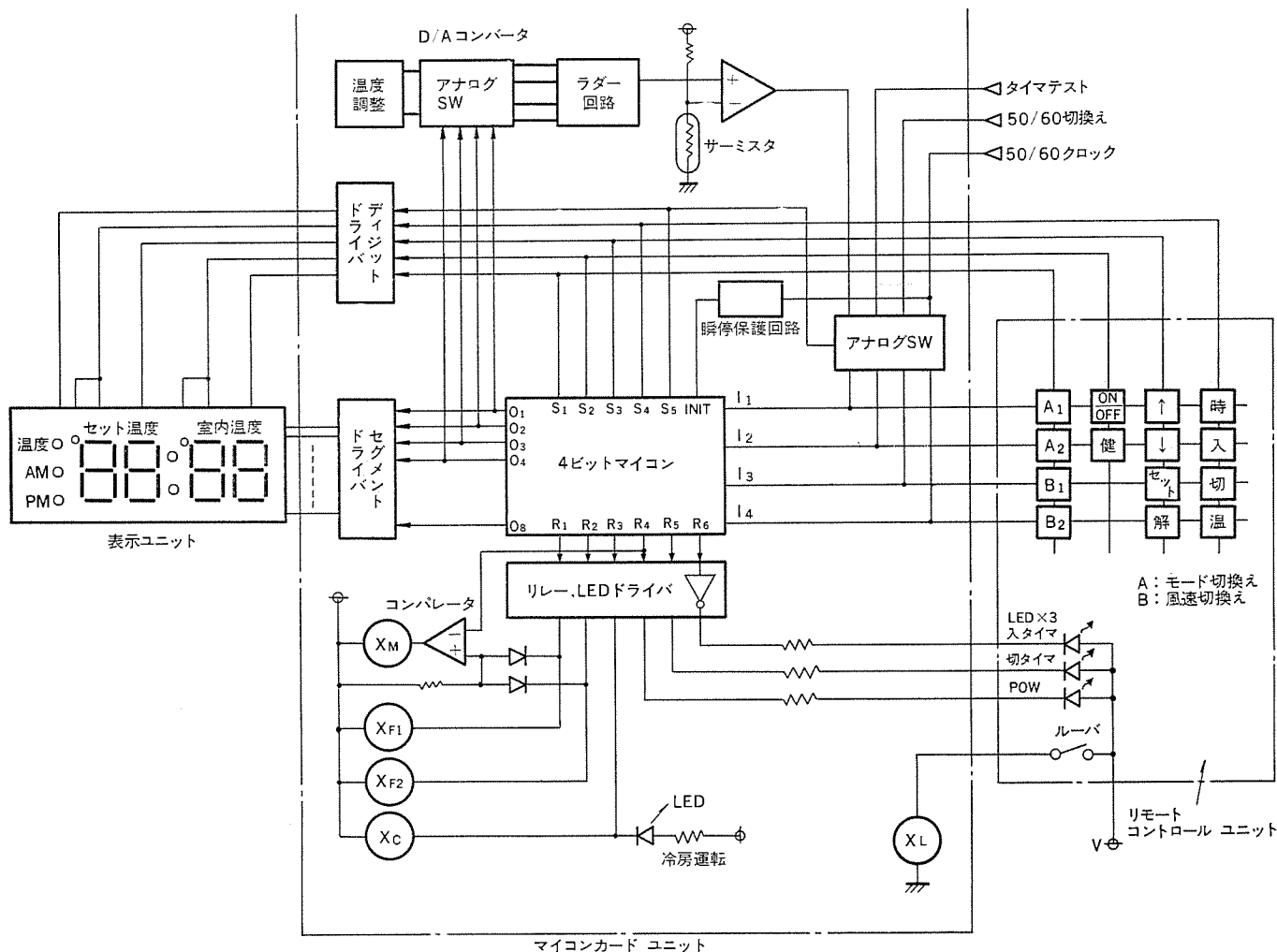


図 10. システム構成

セットしてその限界温度 (17°C 又は 33°C) をデータとして記憶する。

図 8. の室温表示ルーチンではフラッシュ F の条件により連続又は点滅表示し、18~32°C の範囲内又はこの範囲外に室温があることの表示を行う。

3. 3. 3 クロック検出ルーチン

ここで使用されている 4 ビットマイコンは割込み入力を持たないので、時計用基準クロックをカウントする場合、ミスカウントを避けるために図 6. で示したフロー中にサブルーチンの形で何か所かにわたってクロック検出ルーチンをそう入しておく必要がある。

図 9. はクロック検出ルーチン (PULS) でスキャン用信号 (S_5) を出力してクロックの有無を調べ、クロックがあればその信号が初めてか ($CLKF=0$) 又は既に前回読みとっているか ($CLKF=1$) を調べ、初めてであれば周波数カウンタメモリ (Hz) を +1 する。クロック信号がなければ $CLKF=0$ として次回のクロック立上がり部分の検出にそなえる。図 6. の CLK ルーチンではこのクロック検出ルーチンでカウントされた値を参照してけた上げ修正をすることになるので、プログラム中にこの PULS ルーチンを何か所も入れることで完全にミスカウントを防止できる。

3. 4 ハードウェア構成

3. 4. 1 マイコンの仕様

ここで使用しているのは 2 K バイトの ROM と 512 ビットの RAM を内蔵し、15 V 単一電源動作、28 ピンプラスチックモールド DIL パッケージの 4 ビット並列処理 1 チップマイコンである。入出力は、データ入力 4 本 (図 10. の $I_1 \sim I_4$)、ラッチ機能を有する出力 11 本 (同 $S_1 \sim S_5$, $R_1 \sim R_0$)、PLA (プログラマブルロジックアレー) を介する出力 8 本 (同 $O_1 \sim O_5$) よりなる。

3. 4. 2 システム構成と動作

図 10. で示すようにマイコンを中心としたシステム構成はマイコンカードユニット、リモコンユニット、表示ユニットに分けられるが、その他に電源ユニットを必要とする。マイコンカードユニットはマイコンの外に小形リレーや LED 及びドライバ、温度検知用アナログスイッチ、D/A コンバータ用ラダー回路及びコンパレータなどの電子部品で構成される。

リモコンユニットは 10 個の操作キーと 3 個のスライドスイッチ及び表示用 LED からなり、マイコンの 4 本の入力ですべての入力をカバーするためスキャン信号 ($S_1 \sim S_4$) を利用したマトリクス構成をとっている。

モード切換え (A) と風速切換え (B) のスライドスイッチは入力数を減少させる目的で接点をコード化しており、そのデコードはプログラム内で処理している。

入力信号は上記リモコンの外に、タイマテスト、50/60 Hz 切換え、AC クロックがある。出力系はメインリレー (X_M)、ファン速度選択リレー (X_{F1} , X_{F2})、圧縮機駆動リレー (X_C) と 3 個の LED があり、それらを $R_1 \sim R_0$ でカバーしている。表示用出力は $O_1 \sim O_8$ (7 セグメント用デコード出力)、D/A コンバータ用出力は $O_1 \sim O_4$ (バイナリ出力) を割りあて、同一の PLA からとり出しているがその使いわけはプログラム内で処理している。

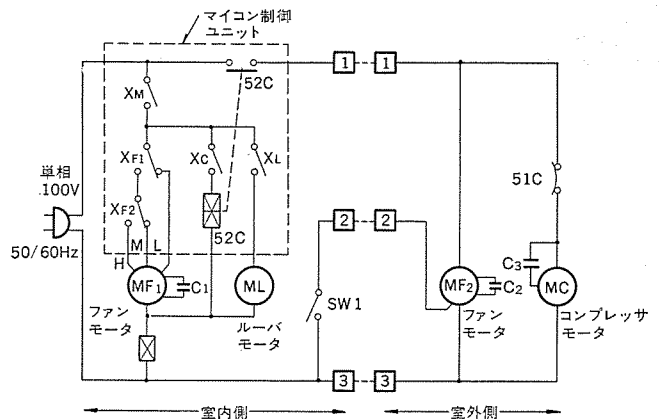


図 11. パワーシステム電気回路

3. 4. 3 パワーシステム電気回路構成

図 11. のパワーシステム電気回路はマイコン化コントローラを利用したことによる大幅な変更はない。 X_M , X_{F1} , X_{F2} , X_C , X_L の各リレー接点は負荷の比較的小さい 100 V 系に接続され、室外機は X_C でパワーリレー (52C) を駆動することで制御できる。

3. 4. 4 瞬間停電対策

マイコン制御器では瞬停対策法を確立しておくことが重要となる。バッテリーバックアップ法は、民生機器の場合コストや保守の面でやや難があるため採用されることが少なく、瞬停を検出したら運転停止・継続運転・初期運転のいずれかのモードへ確実に進ませる方法が有効である。

4. む す び

マイコンを民生機器、特にルームエアコンに応用した場合の特長をまとめると次のようになる。

- (1) 機能の向上が容易であること。
- (2) 情報処理能力が大きいのできめ細かい制御ができること。
- (3) 設計変更が容易で開発期間が専用 LSI などに比べて短いこと。
- (4) 複雑な機能のわりに部品点数が少なく、小形化できること。
- (5) 信頼性が高いこと。

一方、民生機器のような量産品にマイコンが使われ始めたのはごく最近のことなので、製造ラインでマイコンに対する特別の配慮が必要となったり、検査設備・方法を新しく検討しなおすなどの問題が生じる。しかし、今後家電品を含む民生機器にマイコン化制御器がとり入れられる機会はますます増えることは上記利点から十分推測される。そのためにはマイコン自体が使いやすく改善されることはもちろん必要であるが、その外にも、被制御器本体の性能をマイコンによる電子制御を念頭において改善することや、人間と機械の接点、すなわち、マンマシンインタフェース部分に工夫を凝らして操作性を向上させるなどの総合的な配慮が要求される。マイコン化制御器は以上のようなステップを踏み、しかもユーザの直接目にふれないような地味な使われ方をするようになって初めて本格的な発展をとげるものと思われる。

石油温風暖房機《クリーンヒーター》へのマイコン応用

壺井芳昭*・正田茂雄*・下島明彦**・近藤潤一**

1. ま え が き

強制吸排気 (F. F.) 形暖房機が導入されてから数年を経過した現在、著しい成長を見せ、暖房機の市場は一変した貌がある。これは既存のセントラルヒーティング、あるいは安価な開放形のストーブ類に比較し、安全性(信頼性)・快適性・経済性の点で両者のもつ短所を補てんした機器として市場のニーズにマッチしたからと言える。

F. F. 暖房機の構成は、大別して燃料供給系、燃焼空気系、燃焼及び熱交換系、点火とその確認、温調等の制御系、その他安全装置類からなるが、安全かつ快適に機能するためにはこれらの有機的構成が要求され、ややもすれば複雑になりがちである。特に灯油の気化式 F. F. 暖房機では、燃料と燃焼空気の比を一定にするための燃

料供給コントロール、気化器の温度と、点火回路の始動及び燃料投入のタイミング、プリ・ポストバージ等一連のシーケンスに従った動作が要求される。

本報ではマイコン (以下 μP という) を使って基本シーケンス制御のほか、着火、消火タイマ、時計、室温表示、異常表示等の機能をと(搭)載した石油温風暖房機を開発したので、その内容を紹介する。

2. 回路構成と動作

μP 搭載三菱石油温風暖房機《クリーンヒーター》(以下本機という)の回路構成の概略を図 1. に示す。構成要素について述べると、 μP は P-MOS 4ビットで、2K バイトの ROM と 96×4 ビットの RAM を備えており、入力ポートは 8 本、入出力ポート 8 本、出力ポート 19 本を持ち、サブルーチンステイティング 3 レベル、ハードウェア割込み、及びプログラム可能な内蔵タイマを備え、ディジタル直接駆動可能となっている。

表示関係では時計表示、タイマの設定時刻表示、及び室温表示に用いる 4 けた α コロンのけい光表示管、及び運転状態(連続運転及びタイマ運転)や安全装置の作動状態等を表示する LED がある。

アナログ入力回路としては後述する炎電流検出回路、失火検知回路、室温測定回路があり、これらの回路よりの出力は μP からの D/A 変換されたデータとコンパレータを通して比較判定される。

本機を操作するためのキーボードは 20 キーからなり、数字キーと 10 種のファンクションキーを持ち、これによって時刻設定、おはようタイマ及びおやすみタイマの時刻設定、時計表示、室温表示、及び着火、消火等の操作を行うことができる。

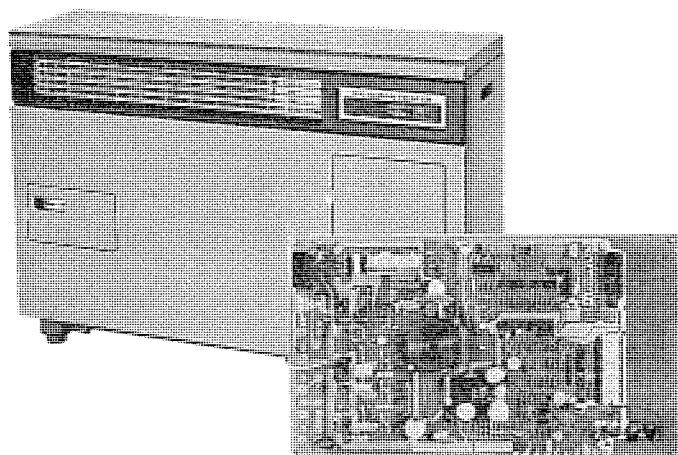


図 1. μP 搭載石油《クリーンヒーター》の回路構成

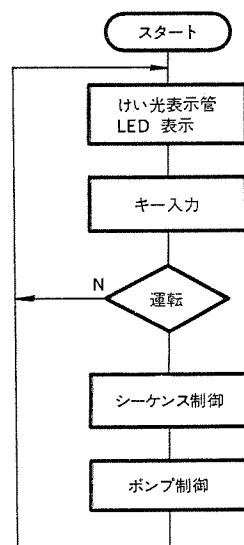


図 2. 概略フローチャート

また本機には各種安全装置が装備されており、これを含めて前記各入力はマルチプレクサを通してμPの入力ポートに送られる。

μPからの出力で駆動される機器としては、燃料供給を行うポンプ、燃焼用空気を送る燃焼用送風機、室内に熱交換された温風を送り出す対流用送風機、燃料の灯油を気化させるための気化ヒータ、及び燃料と空気の混合気を点火させるための点火トランスがある。

これら周辺機器の駆動方法として燃焼用送風機、対流用送風機及び気化ヒータについてはトライアックによる直流点弧でゲート回路はフォトカプラでアイソレートされている。一方、点火回路はトライアックによる点弧を行った場合、リーク電流の蓄積からおこる気まぐれな放電があるので、それによる危険を回避するためにリレー駆動としている。燃料ポンプの駆動はμPよりの駆動パルスを用いてサイリスタ構成のモノマルチ回路で駆動している。

以上の構成からなる本機の動作はプログラムで管理されており、電源投入後イニシャライズリセットされたプログラムは図2.に示すように表示ルーチン、キー入力ルーチンと進み、その後運転時にはシーケンス制御ルーチン、ポンプ制御ルーチンに入り表示ルーチンにもどる。また図2.には書かれていないが、電源周波数を利用した時計用入力が割り込みで処理されている。

3. シーケンス制御

暖房機をできるだけ簡単な操作で使えるようにするために、本機では着火キーと消火キーをそれぞれ1個設け、連続運転の場合もタイマ運転の場合もこのキーを押すことにより、運転開始及び停止が行われるようになっている。本機のシーケンス制御は、連続運転とタイマ運転とで多少の相違点があるが本質的なものではなく、操作上からはタイマ運転の場合あらかじめキーボードによりタイマの時刻設定を行った後着火キーを押すことによりタイマ運転が開始される。したがってここでは基本となる連続運転時のシーケンス制御について説明する。

まず灯油を気化させるための気化ヒータの予熱を開始する。気化面温度が所定の値に到達したのち、ヒータサーモ回路が動作して燃焼用送風機の運転を開始し、ソフトウェアタイマによるプレパージ完了後風圧スイッチ動作確認、点火及び燃料ポンプ駆動を行う。この時風圧スイッチが動作しない場合には、再度プレパージをくり返す。これは低温時における燃焼用送風機の起動遅れを救うためのものである。それでもなお風圧スイッチが動作しない場合には異常状態と判断しアラームを出す。

点火動作は高圧放電により行われ、放電時間はソフトウェアタイマにより管理されている。放電開始と同時にポンプ制御プログラムによりポンプ駆動が行われる。そして放電停止と同時に着火確認が行われ未着火である場合には、一連の点火動作がくり返し行われる。このくり返し運転は燃焼途中での失火時にも行われる。これは燃焼中にエアロックその他の理由で一時燃料の供給が断たれた場合などに有効である。点火動作を数回くり返し、それでもなお着火しない場合(例えば燃料切れ)は異常状態と判断しアラームを出す。くり返し回数のカウントは運転停止時あるいは室温調節器の作動による停止時にクリアされる。

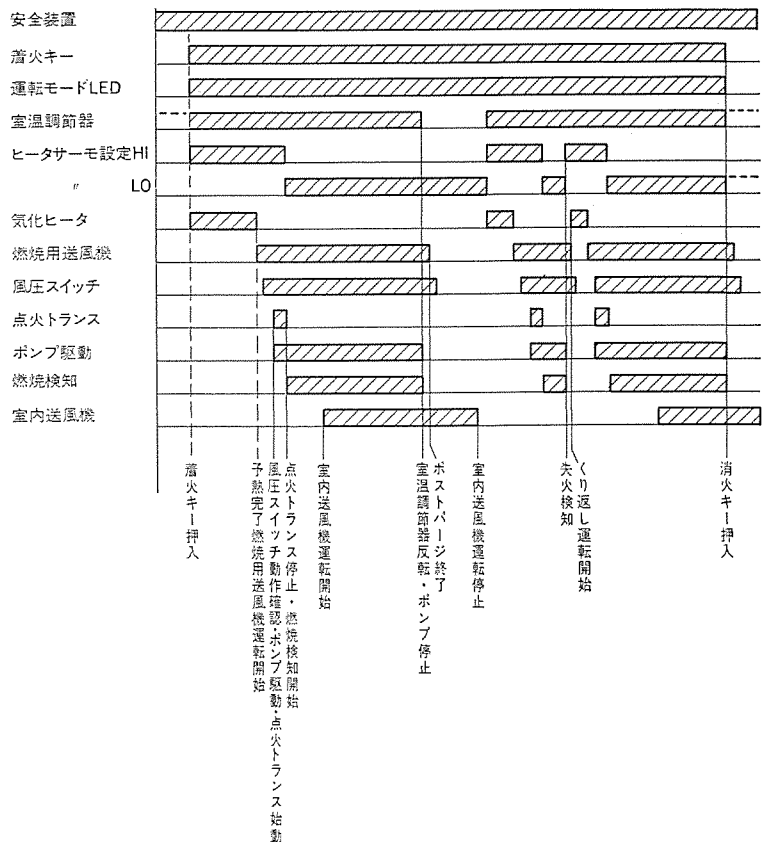


図3. 連続運転時のシーケンスタイムチャート

燃焼が開始されてソフトウェアタイマによる所定の時間が経過すると、対流用送風機の運転が開始される。

一方、室温調節器の作動あるいは停止スイッチ操作により運転を停止すると、燃料ポンプが停止し消火動作は瞬間的に行われるが、燃焼用送風機は消火後も燃焼器内の残留未燃焼ガスの排出のため、所定の時間だけポストバージを行う。

また、対流用送風機はソフトウェアタイマで消火後所定の時間を経過すると停止する。

以上、概略説明したシーケンス制御のタイムチャートの1例を図3.に示す。これは連続運転時のタイムチャートの1例であるが、それについて以下に説明する。

- (1) 電源を投入するとμPは安全装置の監視を開始し、振動検知装置あるいは過熱検知装置が異常を示している場合アラームを出す。
- (2) 安全装置が異常なしの状態では運転スイッチを押すと、運転モードLED(この場合連続)が点灯する。この時室温調節器がON(室温が設定値より低い状態)であれば、気化ヒータの予熱が開始され、気化面温度が設定値になるまで加熱する。
- (3) 気化面温度が設定値に達すると、ヒータサーモ回路がこれを検知し燃焼用送風機の運転が開始される。
- (4) 所定のプレパージ時間経過後風圧スイッチの動作確認を行い、異常の場合再度プレパージを行う。このくり返し期間中に風圧スイッチが動作すると直ちにポンプ駆動回路及び点火トランスが動作を開始する。
- (5) 所定の放電時間経過後点火トランスを停止させ着火確認を行う。なおこの時点でヒータサーモ回路の動作温度設定を、節電のため低入力に切換えている。

以上述べたように本機のシーケンス制御はタイマのソフトウェア化による機械部品の廃止、及びくり返し運転による再点火機能付加により、更に信頼性の高いものとなっている。

一方風圧検知装置の異常については、燃焼中に異常が起きて風圧が低下した場合は即座に運転を停止させるが、燃焼用送風機の起動時にはくり返し動作を行う。すなわち、寒冷地などでは燃焼用送風機起動に多少の時間を要し、アラーム終了後にも所定の風圧に達し

おはよう タイマの設定は、 まず数字キー で3けた又は4けたの時刻データを設定後着火 タイマ キーを押す。時計の設定も同様で、現在時刻を数字 キー で設定後 クロック キー を押せばよい。このように時計及びおはよう タイマの設定後着火 キーを押せば自動的に タイマ オン 運転になる。タイマ オン 運転時のシーケンス はまず設定 オン 時刻の数分前に気化 ヒータの予熱が開始され、 気化面温度が所定の値に達した後ヒータサーモ 回路が反転して灯油気化が可能の状態になるが、次のステップに移らず気化面温度の制御を行いながらしばらく待機し、設定

オン時刻の一定時間前よりプレパージを開始し、プレパージ終了後点火を行い、設定オン時刻には対流用送風機の運転を開始する。運転停止は連続運転と同様で消火キーを押せばよい。

タイマオフ運転の場合はタイマオン運転と同様に、時計及びおやすみタイマの設定を行わなければならない。おやすみタイマの設定はおはようタイマと同様である。タイマオフ運転の場合は、着火キーを押すと即座に気化ヒータの予熱が開始され、予熱完了後点火動作に移行する。そして運転の停止は設定オフ時刻になると行われ、その後ポスタープージ、及び対流用送風機の停止が所定の時間経過後に行われる。

タイマオン・オフ運転の場合は前記の時計及びおはようタイマ、おやすみタイマの設定を行った後着火キーを押せばよい。この場合着火キー操作時の時刻がおはようタイマ設定時刻とおやすみタイマ設定時刻の間にあれば、即座に気化ヒータ予熱、点火動作に移行し、逆におやすみタイマ設定時刻とおはようタイマ設定時刻の間にあれば、タイマオン動作に入る。これは本機を就寝後に切り起床前に入れるようにタイマを設定した場合に、起床後1度本機を切って再度点火を行うときに、タイマ設定時刻のクリアを行わないで点火できるようにするためである。

また、運転の停止には消火キーによる停止と、おやすみタイマの停止時刻到来による停止とがあり、前者はキー操作による停止で再び着火することはないが、後者は次のおはようタイマによる運転開始時刻が来ると自動的にくり返し運転を行い、再度着火キーを操作する必要がない。くり返し運転をやめるときには消火キーを押せばよい。

6. 燃焼制御系

燃焼中の火炎に金属電極（フレームロッド）をそう入し、この電極と燃焼器の一部である炎口板との間に交流電圧を印加すると、火炎中に生成された正・負イオンによるイオン電流が流れ、正・負イオンの移動度の差による整流性より炎電流波形は半波整流波形のようになる。そしてこの炎電流の値は燃焼状態によって変化するので適当な検出回路を用いれば、制御用信号として用いることが可能になる。

6.1 炎電流検出回路

火炎中の炎電流を等価回路で考えると、負イオンと正イオンの移動度の差による整流性、負イオン濃度による抵抗分、正イオン濃度による抵抗分に分離することができる。整流性を示すダイオードを D_f 、負イオンによる抵抗分を R_{fN} 、正イオンによる抵抗分を R_{fP} 、更にフレームロッドと炎口板間の絶縁抵抗を R_r とすると、炎電流等価回路及び検出回路は図5.のようになる。

この回路の動作はフレームロッドと炎口板との間に印加された交流電圧が火炎の整流性により直流成分を発生し、それがコンデンサで平滑されて直流分の信号電圧が得られる。図5.では燃焼制御用信号電圧と失火検知信号電圧の2種類の信号電圧が出ているが、燃焼制御用信号電圧は、この値を以下に述べる μP からの D/A 変換出力と比較を行い、それによりポンプのコントロールを行うのでリップル成分の少ないことが必要であるが、他方失火検知用信号電圧は、失火後なるべく早く検知したいため、それぞれを分離して時定数を変えている。なお絶縁劣化対策については文献(1)を参照されたい。

6.2 炎電流と制御

図6.に燃焼状態と炎電流との関係を示す。実線は燃焼空気量 Q_a をパラメータとして灯油供給量 Q_f と炎電流 I_f との関係を示したものである。この曲線上の同一空気過剰率の点を結んだ線を空気過剰

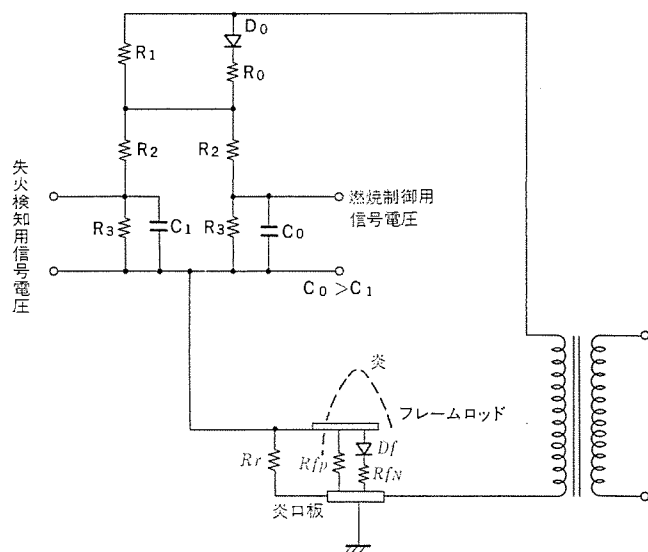
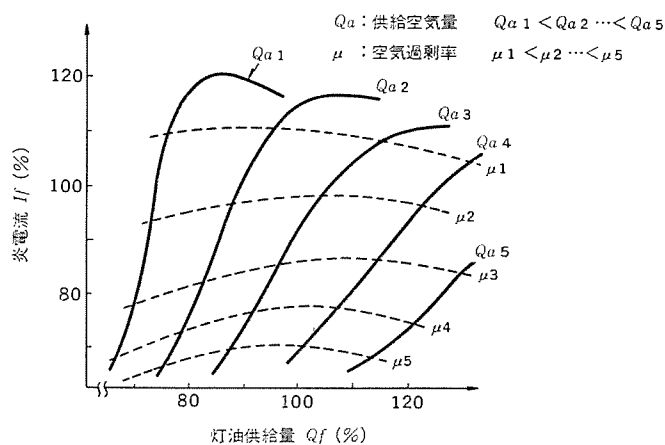


図5. 炎電流検出回路



ただし I_f, Q_f は定格燃焼時を100%としてある。

図6. 燃焼状態と炎電流

率曲線として破線で示してある。燃焼状態はこの空気過剰率に大きく左右され、安定な燃焼状態を維持するには空気過剰率を一定に保つことが望ましい。また空気過剰率が一定ならば、炎電流もほぼ一定となることから、炎電流の値によって燃焼状態の監視が可能になる。本機ではこの炎電流を μP からの D/A データと比較することにより測定し、その値によって内蔵タイマの周期をプログラムすることによりポンプ駆動パルス周期を与え、燃料供給量を制御するフィードバック制御を行っている。

6.3 制御方式

本機で用いた制御方式を図7.に示す。この制御は、定常状態での炎電流基準値を設定し、炎電流が増加した場合にはポンプの駆動周波数を低下させ、減少した場合には駆動周波数を増加させることにより、炎電流をほぼ一定に保ち、燃焼状態の変動に対しても空気過剰率をほぼ一定に保ち安定な燃焼を維持できる。

上記フィードバック制御動作を図8.について説明する。今燃焼用空気量 Q_{a0} 、燃料供給量 Q_{f0} で示されている最適燃焼点 P_0 で燃焼しているとする。この時何らかの理由で燃焼用空気量が Q_{a0} から Q_{a1} に減少したとするとフィードバック制御を行わない場合、燃焼点は P_2 に移行し、ここで灯油過剰状態で燃焼する。これに対しフィードバック

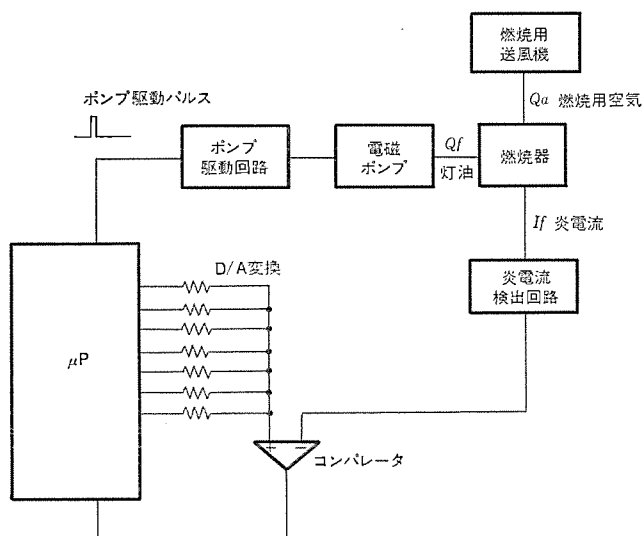


図 7. 燃料ポンプ制御方式

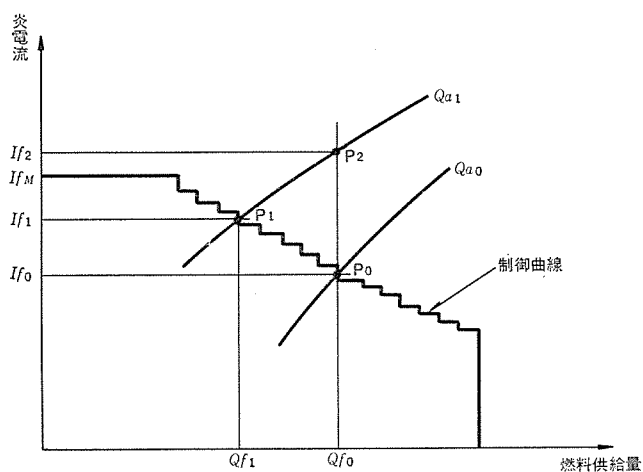


図 8. フィードバック制御特性

制御を行うと、燃焼用空気量が減少して炎電流が増加すると制御曲線に沿って燃料供給量が減少し、燃焼点は P_1 となる。 P_1 と P_0 では空気過剰率はほぼ一定であるため燃焼状態が変化しても安定な燃焼が得られる。なお、この制御曲線は燃料供給量に比例するポンプ駆動周波数が μP の内蔵タイマで作られるため、ディスクリートな値をとるので図 8. のような折線になっている。

次に点火時の動作について述べる。点火時には点火を容易に行うために定常燃焼時より多い灯油供給を行う必要があるが、この燃焼制御回路では、炎電流検出回路の時定数を大きくして炎電流の立上がり遅らせて燃料過剰状態を作り出している。

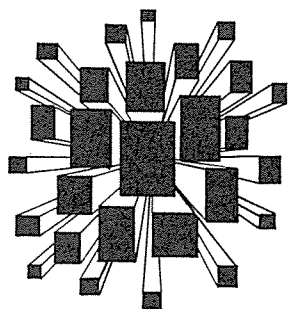
一方、最大灯油供給量制御については、図 8. の制御曲線上で、炎電流値が I_{FM} 以上になるとポンプ駆動を停止するようになっている。

7. む す び

今回開発した μP 搭載石油温風暖房機《クリーンヒーター》について、その特長を従来品との比較を行いながら説明した。本機は、昭和 45 年にガス温風暖房機《クリーンヒーター》を世に送り出して以来累積生産台数が 100 万台に達したのを機に開発したものである。この製品の特長は μP の使用及び周辺回路の電子化による信頼性の向上、機能強化、使い勝手の向上であり、従来品の長所を受け継ぎつつ、シーケンス回路のソフトウェア化による信頼性及び機能の向上、温調回路の電子化によるきめの細かい暖房、その他アラームの表示、時計表示、温度表示等の機能を付加した。今後より一層の機能向上のためのハード、ソフトの検討、製造コストなど多少の見直しの余地はあるものの、家電製品の電子化が拡大、高度化する中で本機の発表は将来の暖房機の制御方式に一石を投ずるものとする。

参 考 文 献

- (1) 古屋ほか：石油温風暖房機《クリーンヒーター》の制御，三菱電機技報，51，No. 10 (昭 52)



特許と新案

プロジェクション溶接装置 (特許 第792010号)

発明者 山本利雄・奥田滝夫・稲田幹夫

この発明は金属板の表面に被膜を有する積層物、例えば電気装置の積層鉄心の溶接に適したプロジェクション溶接装置を提供するものであり、特に2次電圧の高い単相交流電源方式と力率の大きい3相低周波電源方式とを組み合わせた合理的なものを提供するものである。

図1は、この発明の溶接装置の一実施例を示す回路図であり、図2はこの発明の装置で積層鉄心(5)をプロジェクション溶接した時の電流波形図である。

溶接装置の変圧器の鉄心(9)は2次側に1つの2次巻線(10)、1次側に巻数の多い3相低周波用の3つの1次巻線(11)(12)(13)と巻数の少ない単相交流用の1つの1次巻線(14)とが巻かれ、その各々の巻線は例えばイグナイトロ等からなる導通要素(15)(16)(17)(18)に接続され、この導通要素(15)(16)(17)(18)は溶接電流を調整するための制御装置(19)に接続され、この制御装置(19)により制御される。変圧器(8)の2次巻線には単相溶接電流を検出するための検出器(20)が設置され、この検出器(20)も制御装置(19)に接続されている。この図1の装置において、積層鉄心(5)は、制御装置(19)により導通要素(18)1次巻線(14)鉄心2次コイル(10)電極(3)(4)を通して単相交流電圧が印加される。この場合、単相交流用の1次巻線の巻数が少ないために積層鉄心(5)

には比較的に高い電圧が印加されて初期溶接電流(21)は、容易に流通する。初期溶接電流(21)が流れると積層鉄心(5)の溶接電流の通路の抵抗は小さくなり、初期溶接電流(21)は時間とともに増加する。溶接電流は検出器(20)で検出され、その出力は制御装置(19)に伝達される。溶接電流が制御装置(19)に設定された値に到着すると、この制御装置(19)により電源方式が単相から3相低周波に切り換わり、積層鉄心に3相の主溶接電流(22)が流れ、接合が完了する。

このように行うことにより、積層数の多い積層被溶接材の溶接を容易に行うことができ、さらに電源設備も小さくすることができる。

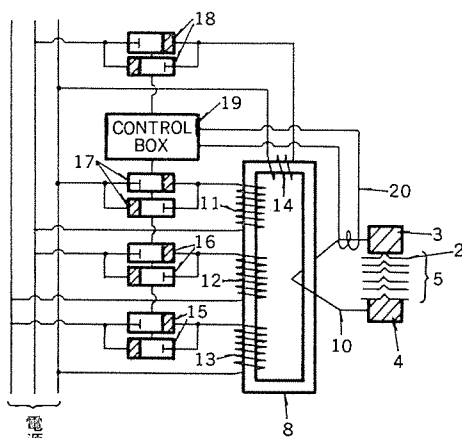


図1

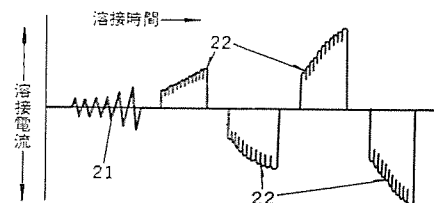


図2

自動製氷機の制御回路 (実用新案 第945718号)

考案者 酒井誠記

この考案は適当な大きさの多数の角氷を連続して自動的に製氷する自動製氷機の制御回路に関するもので、特に冷凍運転→除氷運転→冷凍運転のサイクルを円滑に行うことのできる制御回路に関するものである。

図において、(1)は貯水量検出サーモスタット、(2)はそのスイッチ、(3)は貯水そう(槽)の水位を検出する水位スイッチ、(4)は水タンク、(5)は発条、(6)は製氷機中の蒸発器の温度を検知するサーモスタット、(7)はそのスイッチ、(8)は水用電磁弁コイル、(9)は接点、(10)は電源、(11)は冷媒圧縮機用電動機、(12)は送風機用電動機、(13)は水循環ポンプ用電動機、(14)は継電器(15)のスイッチ、(16)は冷媒用電磁弁コイル、(17)このコイル(16)及び継電器(15)に接続された端子、(20)

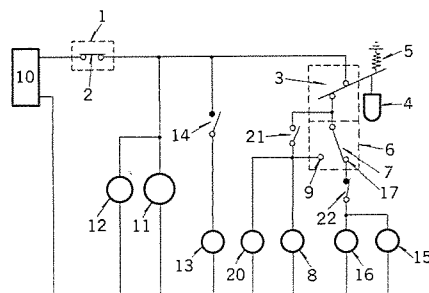
は水用電磁弁コイル(8)と並列に接続された継電器で、その第1のスイッチ(21)はサーモスタット(6)のスイッチ(7)と並列に接続され、第2のスイッチ(22)はサーモスタット(6)の端子(17)と冷媒用電磁弁コイル(16)との間にそう(挿)入されている。そしてサーモスタット(6)のスイッチ(7)が図のように端子(17)側に接続しているとき、すなわち継電器(20)に通電されていないときには該継電器の第1のスイッチ(21)は開放し、第2のスイッチ(22)は閉合している。反対にサーモスタット(6)のスイッチ(7)が端子(9)に接続されて継電器(20)に通電されたときには、その第1のスイッチ(21)は閉合し、第2のスイッチ(22)は開放している。

上記の回路において、図に示す状態にあるときには継電器(15)に通電されてそのスイッチ(14)は開放し、水循環ポンプ用電動機(13)は

停止している。また冷媒用電磁弁 コイル(16)に通電されて冷媒用電磁弁は開き、熱ガスが直接蒸発器へ流入している。かくして除氷運転が行われ、製氷された角氷は貯氷庫に落下している。蒸発器の角氷がすべて落下すると、蒸発器の温度は更に上昇しサーモスタット(6)のスイッチ(7)は端子(9)に切換わって冷凍運転に移行される。冷凍運転では水用電磁弁 コイル(8)への通電によって水用電磁弁は開き、貯水槽並びにタンク(4)に注水が行われている。また継電器(20)に通電されるので、第1のスイッチは閉合し第2のスイッチ(22)は開放している。しかして注水量が少なく貯水槽が満水にならないうちにサーモスタット(6)の感温部の温度が下ってスイッチ(7)が端子(17)側に切換わっても継電器(20)には第1のスイッチ(21)を経て通電され、したがって水用電磁弁(8)に通電されて注水は続けられる。またこの時第2のスイッチ(22)の開放により冷媒用電磁弁 コイル(16)及び継電器(15)には通電されないで、除氷運転は行われぬ。貯水槽の水が

満水になると水位スイッチ(3)は開放し、水用電磁弁 コイル(8)への通電は断たれる。製氷が進むと貯水槽の水は少なくなって水位スイッチ(3)は再び閉合し、除氷運転が開始される。

よって水道水圧が非常に低い場合でも上記 サイクルが極めて円滑に行われ、連続的に角氷を製氷することができる。



弁 操 作 機 構 (特許 第 763930 号)

発 明 者 中 野 大 典・森 哲 郎

この発明は、常時は電動機や油圧駆動体によって自動操作し、停電あるいは調整時などにおいては手動操作し得られる弁操作機構に関するものである。

いま、クラッチ(8)が図1、図3の位置にあるとき、電動機(図示せず)を駆動すれば、ウォーム(6)を介してウォームホイール(4)が回転し、このウォームホイール(4)と一体のピン(5)(5)がクラッチ(8)の突起(10)(10)と係合するので、クラッチ(8)は回転し、出力軸(2)にキー(7)(7)を介して回転力が伝達される。この動作中、保持用カム(24)(24)は切換レバー(17)の腕部(17a)(17b)の鉛直面と接触して、ピン(5)(5)の回転軌道を外方に停止させているので、これらが互いに衝突することはない。

次に、例えば停電時に、ハンドル(12)の操作によって出力軸(2)を駆動する場合は、操作レバー(22)を時計方向に回動したのち、ハンドル(12)を回せばよい。

要するにこの発明は、ウォームホイール(4)と一体に回転する突起(5)によって出力軸(2)と回転方向に一体をなすクラッチ(8)を駆動するとともに、クラッチ(8)とハンドル(12)との結合を保持する保持用カム(24)を保持位

置から解除位置に移動させるようにしたものにおいて、ウォームホイール(4)と一体に突起(5)が回転するとき、保持用カム(24)が突起(5)の回転軌道内に入り込まないように、切換レバー(17)でその動きを阻止するようにしたもので、その効果としては、突起(5)の回転によって、これが保持用カム(24)と間欠的に衝突することがなく、突起(5)及び保持用カム(24)の摩耗度が著しく低下するものである。

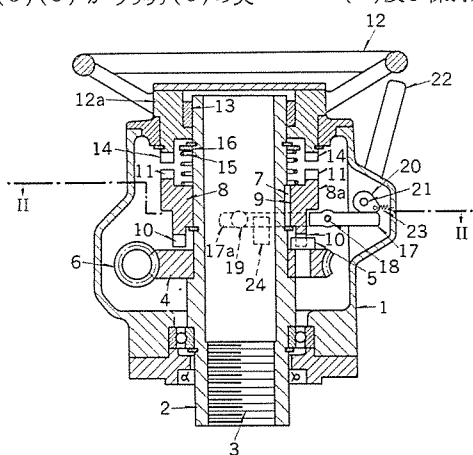


図 1

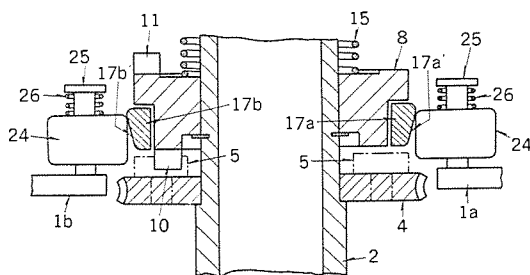


図 3

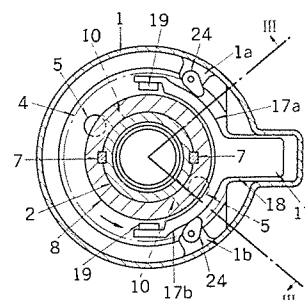


図 2

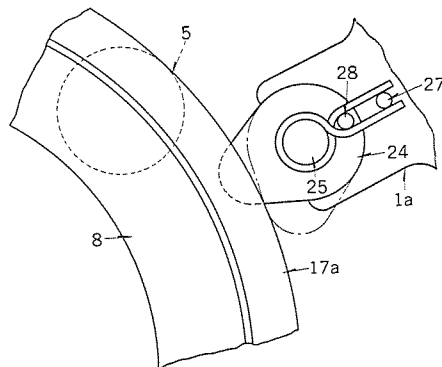


図 4

ダム河川管理用テレメータ放流警報装置

北原貞守*・小寺恒男**・吉崎 守**

1. ま え が き

人類社会の発展と密接な関係を持つ河川は、従来からその有効利用の重要性から数多くのダム建設を中心に総合開発が推進されてきた。

近年、このような総合開発に基づく河川水系の総合的管理が重要視されているが、河川管理は利水、治水、環境保全維持の外、水系総合システムの目的に添ったものでなければならない。

これらの河川管理業務を円滑に、かつ効果的に遂行するために水系管理設備が導入され、システム内の情報収集、伝達により単一又は複数水系を中央で集中管理する総合管理システムや、ダムの高度運用を目的としたゲート自動制御システム等が普及してきている。

当社では、従来より水系管理設備を数多く製作納入してきたが、このほどこれまでの技術、経験の蓄積の上に最新のシステム技術及びハードウェアをもって、建設省標準仕様（昭和52年度制定の建電通仕1号、建電通仕2号）に準拠したダム河川用テレメータ・放流警報装置を開発、実用化したので、ここに装置の内容、システムの構成と機能の概要を紹介する。

2. システムの特長

このテレメータ・放流警報装置は、ダム・河川流域の雨量・水位計測を行い河川の管理運用を行うための資料を得ることを目的としたテレメータシステムと、ダムにおける水調整時などの非常時にダム放流を行う際に、河川下流に警報を発しダム放流による下流の異常増水による災害を防止することを目的とした放流警報システムにより構成される。なお、それぞれのシステムは独立してその機能をもつものである。

これらのシステムは、災害時でも安定な回線が要求されること、一般に山岳地域に適用される場合が多いことにより、70 MHz帯又は400 MHz帯の単信無線回線を使用することが多く、必要に応じ回線品質確保のために中継局を設置する場合もある。

更にこのシステムの観測局、警報局、中継局等の各装置は、山間へき地に設置され無人局として稼働するものであるため、周囲条件、設置条件は極めて過酷なものとなり、信頼性はもとより、装置の小形・軽量化、低消費電力化、かつ保守・点検の簡易化が重要な条件となる。

また、これらのシステムはダム・河川管理業務の円滑化のために河川統合管理システムやゲート自動制御システム等の上位システムに包含され、水系管理システムが構成される場合が多く十分なシステム拡張性が要求される。

当社では、このような条件を考慮してこのテレメータ・放流警報システムには次のような特長を持たせて、全体システムの機能に合致した装置としている。

(1) 装置構成・システム構成の容易性

システムの規模・要求に応じ、装置構成・システム構成の容易性が要求される。このシステムの各構成装置において、各装置の有する機能を

最適な大きさの機能ブロックに分割、標準化し、これらのブロックを組合せて装置を構成するビルディングブロック方式を採用し、付加機能単位に細分化してシステムの機能に応じた各種の機能付加を容易にしている。

(2) 高信頼性

このシステムは、その性質上特にその信頼性が要求される。当社ではシステムの各構成装置は高信頼度の標準ユニット、ブロックによるビルディングブロック方式を採用することにより高信頼性を実現している。

この装置の構成単位となる標準ユニットは、高信頼度対策として特に重点管理を行い、部品レベルでの評価試験、スクリーニング及びフィード情報の集中管理による統計的処理情報をもとに、ユニットレベルでの高温通電エージングを実施し、

- ・初期不良の徹底除去
- ・部品のロット不良の早期発見による故障発生 の未然防止
- ・部品の潜在不良の顕在化による故障発生 の未然防止

を図っている。

(3) システムの拡張性

このシステムは、その管理規模に対応した種々のシステムに適合できるものでなければならない。またこのシステムの各構成装置は、次に述べる拡張機能を考慮したものとしている。

(a) このシステムは、ダム河川管理システムのうちでの基本サブシステムとして大規模な地域河川管理システム・河川情報システムからゲート自動制御装置・ダム諸量演算装置・マンマシン系までの拡張を含めた各種システムの構成及び接続を意図した設計としている。

(b) 計測対象項目の多様化、制御対象地区の共用化・拡大化を考慮し、サイクリック伝送方式との接続も意図した設計としている。

(c) 通信回線の選択は、システム構成において重要であり、基本的には単一无回線としているが、多重無線回線、公社線、自営回線等との接続を容易にしている。

(d) 複数局以上の中継局に対し、任意の中継制御が可能であり、大規模システム等における回線構成を容易にしている。

(4) システム動作の安定性

伝送方式の選定は、通信回線方式により、伝送信頼度、伝送効率等から決定されなければならない。このシステムでは、呼出し方式に音声周波数直列信号方式、応答信号にはRZ3:1長短パルスコード又は直列信号方式を採用し、それぞれの方式に対し、回線品質の変動に対する考慮を施し、安定動作を実現している。

また、システム内の特定局の障害がシステム全体に影響を及ぼさないよう、各装置には連続送信防止機能等の回線保護回路を設けている。

(5) 耐環境性

設置状況に応じ、各装置は小形・軽量化を図り、設置環境に対応した防湿構造を採用することにより高信頼性を実現している。

(6) 低消費電力化

各装置は、半導体化、低電力形ICの使用、各種動作状態に対応した電源系統の制御等を実施し、消費電力の低減を実現している。

なお、低消費電力化のための電源システムの制御には半導体スイッチング方式を採用し、その信頼度向上を図っている。

(7) 保守・点検性の向上

標準ユニット化、プラグイン方式及び試験機能・点検用端子等の設置により保守・点検を容易にしている。

3. テレメータ装置の構成と機能

テレメータシステムは、雨量・水位等の情報を計測する観測局とこれを出し制御し、計測情報の収集・印字・表示等を行う監視局から構成される(回線構成上、中継局を設置する場合がある)。なお、システムの運用上、必要に応じ傍受局を設置し、自系システムあるいは他系システムの計測情報の受信処理を行うことができる。

このシステムの方式・仕様は、建設省テレメータ(雨量・水位)装置標準仕様書(建電通仕1号)に準拠している。

3.1 システムの構成

このシステムの観測局容量は、最大30局までを標準とし、各局間の回線は単信無線回線を基本としているが、システム構成を容易にするために有線回線、多重無線回線との接続も意図した設計としている。

図1.にシステムの構成を示す。

3.2 方式及び仕様

表1.に、このシステムの方式及び仕様を示す。

表 1. テレメータシステムの方式及び仕様

| 項 | 目 | 内 | 容 |
|---------|----------------------|---|---|
| 呼出し方式 | 自動呼出し | 時計装置による全局自動呼出し。 呼出し時間間隔: 10分, 15分, 30分, 1時間, 3時間, 12時間 | |
| | 手動呼出し | 任意時刻による手動起動呼出し。 呼出し形態: 全局呼出し, 個別呼出し | |
| | 外部起動 | 外部装置の起動の起動信号による呼出し。 呼出し形態: 全局呼出し, 指定局呼出し | |
| | 再呼出し | 回数: 1回 再呼出し条件: 応答信号の異常又は無応答 | |
| 呼出し信号方式 | 信号形式 | 2周波直列信号方式(図2.) | |
| | 呼出し信号周波数 | 狭帯域音声周波数 | |
| 応答方式 | 呼出し応答 | 固有の2周波直列信号受信による。 | |
| | 観測符号形式 | RZ 3:1 長短パルスコード方式, BCD 7けた各けた奇数パリティビット付(図3.) | |
| | 伝送速度 | 50 ボー | |
| | 変調方式 | 測搬送波周波数偏移方式 | |
| | 測搬送波周波数(f_0) | 次の周波数より指定する。 2,635Hz, 2,465 Hz, 2,295 Hz, 2,125 Hz, 1,955 Hz | |
| | 周波数偏移幅(Δf) | $f_0 \pm 35$ Hz | |
| | 周波数偏移方向 | マーク時: $f_0 + \Delta f$ スペース時: $f_0 - \Delta f$ | |
| 観測符号の検定 | | 各けたごとの奇数パリティ検定, 総数ビット検定の併用 | |
| 印字及び表示 | 印字 | タイプライタによるページ作表式。 印字内容: 月・日, 時・分, 観測値及び特殊情報 | |
| | 表示 | 検定“良”: 観測値, 局番及び特殊情報の表示 検定“不良”: 不良けた以外の上記表示 | |
| 中継方式 | V-V 中継 | 2周波直列信号による制御 | |
| | μ -V 中継 | リング信号(制御時)送出による制御 | |

3.3 監視局装置

監視局装置は、標準構成として監視装置、操作器(卓), タイプライタ, 無線装置, 空中線装置及び時計装置より構成される。

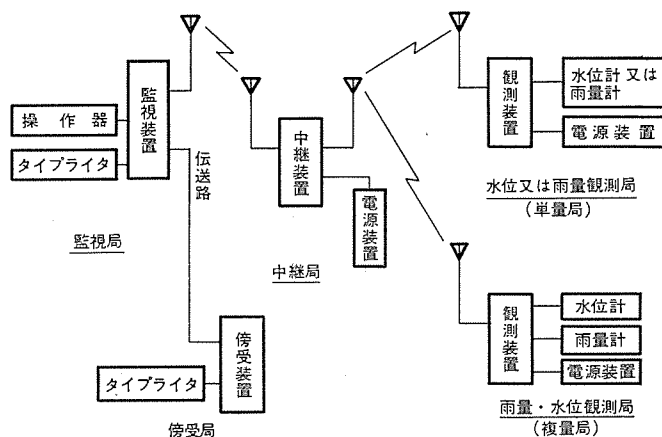
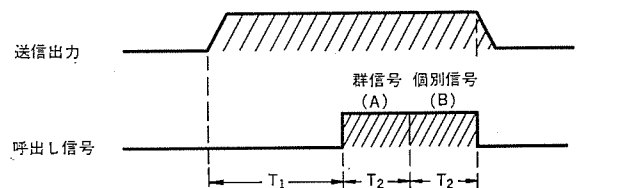
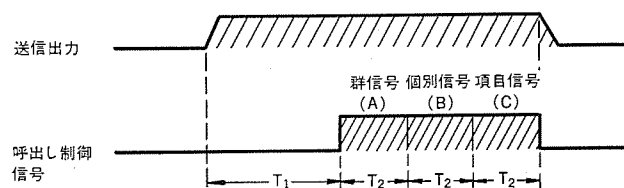


図 1. テレメータシステム構成図



(a) テレメータシステム



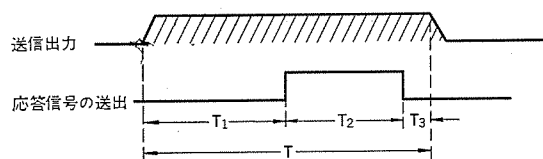
(b) 放流警報システム

T_1 : 無変調無線周波数送出時間: 1000ms \pm 100ms

T_2 : 群信号(A), 個別信号(B), 項目信号(C)送出時間: 600ms \pm 60ms

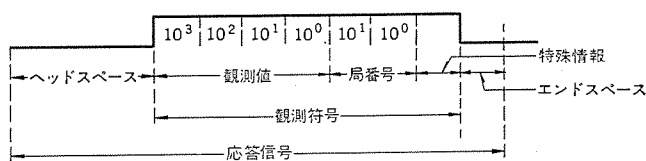
注) V-V中継局の中継制御信号形成はテレメータシステムと同形式とする。

図 2. 呼出し信号タイムチャート



(a) 応答信号のタイムチャート

T : 応答信号
 T_1 : ヘッドスペース 1500ms \pm 300ms
 T_2 : 観測符号
 T_3 : エンドスペース 80ms \pm 16ms



(b) 応答信号の構成

図 3. テレメータシステムにおける応答信号の形式

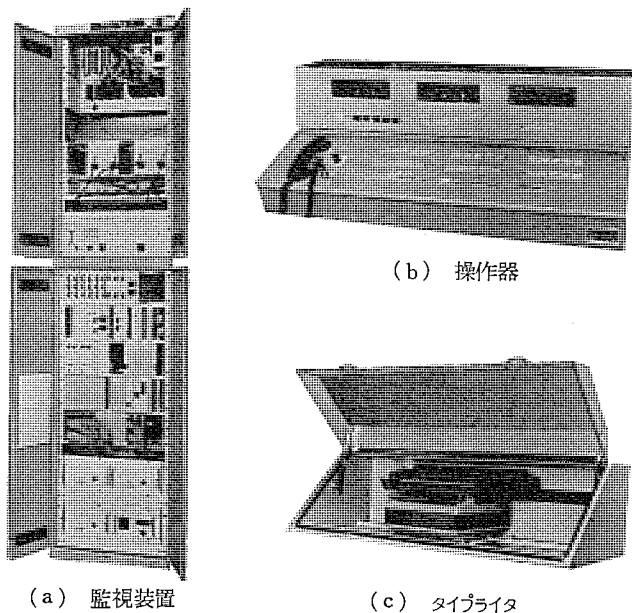


図 4. 監視局装置

監視装置は通信標準架構造とし、無線装置、時計装置を実装しており、操作器（卓）は卓上形の操作器とコンソール形の操作卓を標準としている。この装置の方式・仕様はシステム仕様に準ずるものであり、所定のオプションを付加することにより、次のシステム拡張機能を付加できることを配慮した設計としている。

各種回線接続機能：分岐入出力部として3方路まで実装が可能
外部装置接続機能：外部出力部として3方路までの実装が可能
中継局制御：最大4局までの中継局の制御が可能であり、それぞれの中継局系統ごとの回線制御呼出しが可能

局容量追加：標準として観測局30局までの追加が可能

図4.に、監視局装置の外観を示す。

3.4 観測局装置

観測局装置は、標準構成として観測装置、無線装置、空中線装置、計測装置、電源装置より構成される。

観測装置は、高さ360mm、幅520mm、奥行250mmの壁掛形・据置形兼用の防湿構造箱体を使用し、無線装置を実装している。図5.に観測装置の外観を示す。この装置は、要求されるシステム条件に対し、

- (1) 半導体スイッチング方式の電源系統制御による低消費電力化。
 - (2) 呼出し受信部における並列信号ロック、入力レベル監視の実施及び信号帯域特性、遅延時間特性の耐環境性の実現。
 - (3) 観測項目の複量化における機能ブロックの独立化、すなわち、水位又は雨量の計測項目ごとにおける独立したユニットの設置。
- を実施し、システムに合致した装置としている。表2.に観測装置の仕様を示す。

3.5 中継局装置

中継局装置は、その方式上V-V中継局とμ-V中継局の2種があり、標準構成として中継装置、無線装置、空中線装置、電源装置より構成される。中継装置は、据置形防湿箱体構造（高さ1,500mm、幅520mm、奥行260mm）又は通信標準架構造とし無線装置を実装している。図6.に中継装置の外観を示す。

中継装置はシステムの性質上、時に高信頼度、高稼働率が要求されるため、無線装置は現用・予備の2台方式とし、受信機は並列使用、

表 2. 観測装置の仕様

| 項 目 | 内 容 |
|-----------------------------|---|
| 観 測 項 目 | 雨量又は水位のいずれか一方を標準とする。 |
| 呼 出 し 受 信 方 式 | 2周波直列信号方式（図2.） |
| 呼出し応答 | 伝 送 方 式 テレメータシステム仕様の応答方式による（表1.） |
| | 保 護 時 間 連続送信防止のための保護時間：6秒±1秒 |
| 計 測 装 置 出 力 (観測装置との接続条件) | 出 力 信 号 無電圧メーク接点（論理1でメーク） |
| | 符 号 形 式 雨量計：奇数パリティビット付 BCD 符号（最大3けた）又は1mm/パルスの接点信号 水位計：奇数パリティビット付 BCD 符号（最大4けた） |
| | 検出最小単位 雨量計：1mm 水位計：1cm |
| 付 加 機 能 | 2 量 観 測 化 指定により雨量及び水位の2量観測が可能 |
| | 分岐入出力部 2方路まで実装可能 |
| | 中 継 制 御 部 V-V 中継制御：中継起動、停止 |

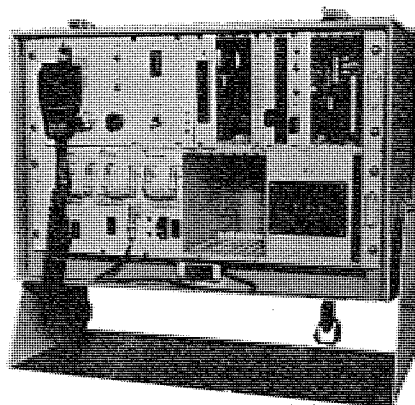


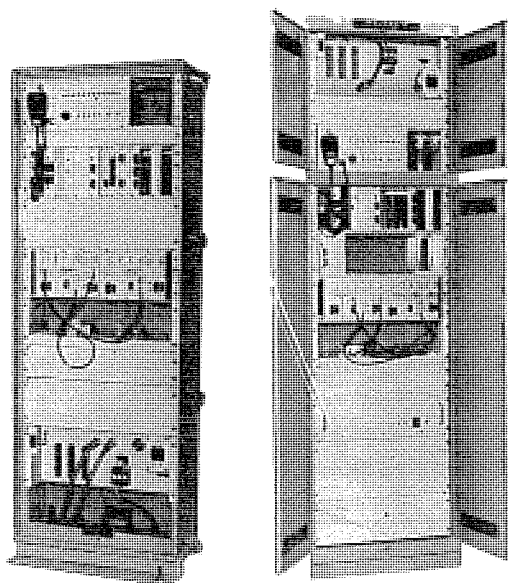
図 5. 観 測 装 置

表 3. 中継装置の仕様

| 項 目 | 内 容 | |
|----------------|--|---|
| | V-V 中継方式 | μ-V 中継方式 |
| 中 継 制 御 方 式 | 2周波直列信号方式（図2.） | リンガー信号方式（制御時送出） |
| 遠方制御方式 | 方 式 | 同 上 |
| | 制 御 項 目 | 中継起動、停止、送信機切換え 送信機切換、受信機接続制御 |
| 遠方監視方式 | 方 式 | テレメータシステム応答方式（図3.） |
| | 監 視 項 目 | 使用送信機、送信機故障、受信機故障、電源情報 動作送信機、受信機故障、送信機故障 |
| 遠隔監視制御装置との接続条件 | — | リレー接点出力（負荷条件：50V 50mA以上） 論理“1”にてメーク |
| 故 障 検 出 条 件 | 送信機：出力の1/2の低下時に検出。正常機への自動切換動作。 受信機：スケルチ電圧及び低周波出力レベルの有無検出。 | |

送信機は切換え使用としている外、観測装置と同様の低消費電力化、呼出し受信部における各種機能の実施とともに、

- (1) 送信機故障時の自動切換え
 - (2) 受信機検定におけるスケルチと低周波出力レベルの2重監視
 - (3) 受信機の故障検出時における低周波出力レベルの自動補正
- を実施し、システム条件に対応した装置としている。表3.に中継装置の仕様を示す。



(a) V-V 中継装置 (防湿箱体) (b) μ-V 中継装置 (通信標準架)

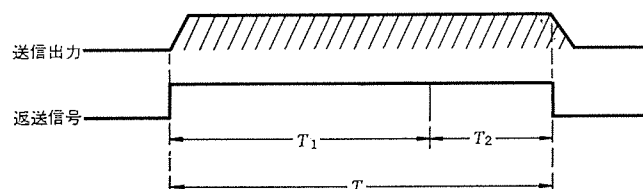
図 6. 中継装置

3.6 傍受装置

傍受局装置は、傍受装置、タイプライタ、時計装置より構成される。傍受装置は、標準通信架構造とし多重無線回線に接続して、傍受を行うものを標準としているが、空中線装置及び無線装置受信機を設置することにより単信無線回線による傍受が可能である。

4. 放流警報装置の構成と機能

放流警報システムは、ダム下流地区に設置されサイレンあるいはスピーカーにより警告を発するための警報局と、これらに対し所定の警報



T : 返送信号
 T_1 : 可聴音 : $10s \pm 2s$
 T_2 : 確認信号 : $5s \pm 1s$

(a) 返送信号のタイムチャート

| 制御項目 | 可聴音 | * 確認信号 |
|--------------|------------|-----------------------------|
| サイレン吹鳴(形式I) | サイレン音を集音 | サイレン吹鳴時 : $f_0 + \Delta f$ |
| サイレン吹鳴(形式II) | | 擬似音放送時 : $f_0 - \Delta f$ |
| 擬似音放送(形式I) | 擬似音を集音 | 擬似音放送時 : $f_0 - \Delta f$ |
| 擬似音放送(形式II) | | |
| 放送起動 | チャイム音を集音 | 音声増幅器電源入 : $f_0 + \Delta f$ |
| 放送停止 | | 音声増幅器電源切 : $f_0 - \Delta f$ |
| 点検 | チャイム音及び擬似音 | 正常時 : $f_0 + \Delta f$ |
| | | 異常時 : $f_0 - \Delta f$ |
| 予備 1 | — | $f_0 - \Delta f$ |
| 予備 2 | — | $f_0 - \Delta f$ |

注・確認信号方式は副搬送波周波数偏移方式(FS方式)とする。

(b) 返送信号の構成

図 8. 放流警報システムにおける返送信号の形式

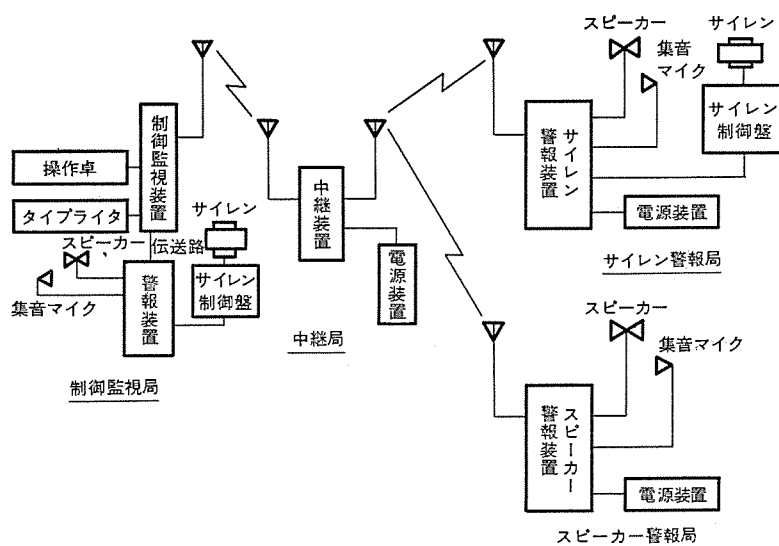


図 7. 放流警報システム構成図

動作制御を行う制御監視局とから構成される。なお、回線構成上、中継局を設置する場合もある。

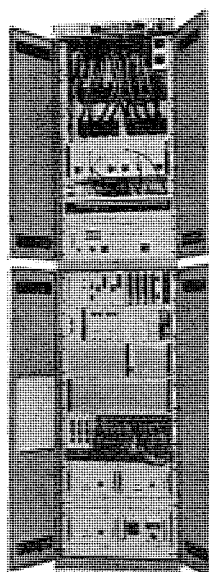
このシステムの方式・仕様は、建設省放流警報装置標準仕様書(建電通仕2)号に準拠している。

4.1 システムの構成

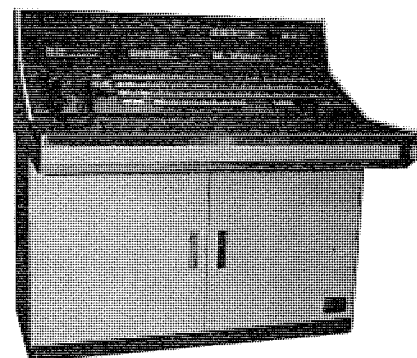
このシステムの警報局容量は、最大 30 局までを標準とし、各局間の回線は単信無線回線を基本としているが、システム構成を容易にするために有線回線、多重無線回線との接続も意図した設計としている。図 7. に、システムの構成を示す。

4.2 方式及び仕様

このシステムの方式及び仕様を表 4. に示す。なお、放流警報に際してはサイレン及びスピーカーによる可聴警報を発することを標準としているが、システムの要求に応じ、回転灯制御、電光表示板制御等の可視警報を発することが可能な方式としている。



(a) 制御監視装置



(b) 操作卓

図 9. 制御監視局装置

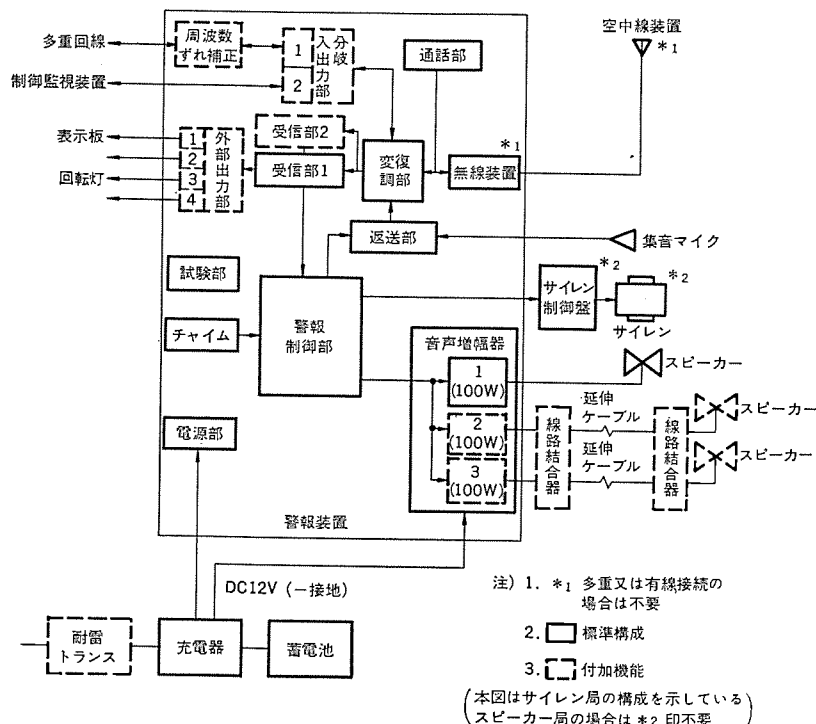


図 10. 警報局装置構成図

表 4. 警報装置の仕様

| 項 目 | 内 容 |
|---------------|---|
| 制 御 項 目 | サイレン吹鳴（形式Ⅰ）、擬似音放送（形式Ⅰ）、放送起動、停止、点検 |
| 呼 出 し 受 信 方 式 | 3 周波直列信号方式（図 2.） |
| 警 報 動 作 | 吹 鳴 形 式 |
| | 吹鳴時間：5 秒単位にて 0～75 秒に設定可能 休止時間：同 上 動作回数：最大 7 回まで設定可 |
| | 擬 似 音 周 波 数 |
| | 523.5Hz と 526.5Hz の混合音 精 度：±0.1 % 以内 |
| | チャイム音 |
| | 4 打音の繰り返しとする。 ド：440Hz, ミ：554Hz, ソ：659Hz, ド：880Hz |
| 装置保護回路 | 送 信 用 |
| | 20秒±20% |
| | 吹 鳴 用 |
| | 10分±20% |
| 音 声 増 幅 器 | 主要仕様 出 力：100W 周 波 数 特 性：0.3～3kHz で ±3 dB 以内 出力インピーダンス：64Ω, 32Ω, 16Ω, 8Ω 切換え 入 力 レ ベ ル：-4 dBm |
| 確 認 返 送 | 放流警報システム仕様による（図 8.） |
| 付 加 機 能 | 制 御 項 目 |
| | サイレン吹鳴（形式Ⅱ）、擬似音放送（形式Ⅱ）、予備（Ⅰ, Ⅱ） |
| | 外 部 出 力 |
| | 外部制御接点出力を 4 点まで付加することが可能 |
| | 増 幅 器 増 設 |
| | 最大 3 台（300W）まで増設可能 |
| | 延長スピーカー |
| | 線路結合器を付加することによりスピーカー延長が可能 |
| | 分岐入出力部 |
| | 2 方路まで実装可能 |
| | 中 継 制 御 部 |
| | V-V 中継制御：中継起動、停止 |

4. 3 制御監視局装置

制御監視局は、標準構成として制御監視装置、操作卓、タイプライタ、無線装置、空中線装置及び時計装置より構成される。

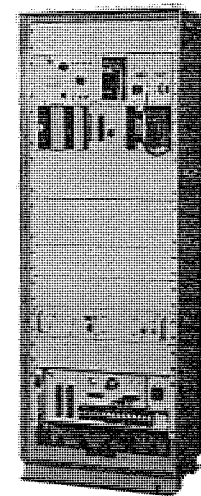


図 11. 警 報 装 置

制御監視装置は通信標準架構とし、無線装置、時計装置を実装しており、操作卓はコンソール形を標準としている。

この装置の方式・仕様は、システム仕様に準じているが、特に放流警報制御の重要性を考慮し、局選択及び制御項目選択に多重選択防止機能を持たせた呼出し制御機能とし、警報制御の多重選択の防止を実現している。また、所定のオプションを付加することにより、テレメタシステムと同様の付加機能及び制御項目追加などのシステム拡張機能を付加できることを配慮した設計としている。

図 9. に制御監視装置及び操作卓の外観を示す。

4. 4 警報局装置

警報局は、その用途からサイレン警報局とスピーカー警報局の 2 種があり、標準構成として警報装置、サイレン装置、拡声装置、無線装置、空中線装置及び電源装置で構成される。なお、警報装置は据置形防湿構造箱体を使用し、音声増幅器、無線装置を実装している。図 10. に警報局装置構成を示し、図 11. に警報装置の外観を示す。

この装置は、観測装置と同方式の電源系統制御による低消費電力化及び呼出し受信部の各種機能実施により、システムに合致した装置としている。また、所定の線路結合器を設置することにより警報局舎の上流・下流の任意の地点にスピーカーを延伸設置することが可能な方式としている。表 4. に、警報装置の仕様を示す。

5. む す び

以上、このほど新たに開発した河川管理用テレメタ・放流警報装置の特長と、システムの構成方式について概説した。

一方、河川管理の重点がダム安全管理、ダムの統合管理及び水系の広域管理へと移行しつつある今日、ゲート制御設備、河川情報収集設備が随所にとり入れられており、テレメタ・放流警報装置は上記の諸設備との一体運用が要求される。今回開発した装置はこの点には十分配慮されており、更にこれらの要求を満たすために、今後一層システムの運用目的をは（把）握し、ユーザのご計画に積極的に参画し、品質要求に合致した信頼性の高いシステム製品を提供することを念じている。

終わりに、この装置の開発にあたりご指導をいただいた建設省をはじめ関係各位に深く感謝する。

《MEL SIS》による学内事務処理システム

中村 晋*・水沢勝治*

1. ま え が き

教育界におけるコンピュータ利用は学生の教育、教員及び学生の研究活動に端を発し、現在は大学 MIS を指向する学内事務処理へと向かいつつある。しかしながら現状ではこれらのシステムがそれぞれ独立に開発・運用されており、学内事務処理は外部へ依頼しているというケースも多い。これは大学におけるコンピュータの導入が研究用、教育用中心という段階を経てきているという背景から当然の帰結といえよう。当社は教育界に対して《MELCOM》7700 を市場に発表（昭和45年）して以来、研究及び教育用中心のシステムを製作・納入してきたが、今や学内事務処理を含めた Total システムを指向することが必要不可欠になってきた。《MEL SIS》はこの目的のためにデータベース技術、漢字処理技術を駆使して開発した学籍管理、入試処理等を実施するソフトウェアであり大学事務処理の改革を実現したものである。

2. 《MEL SIS》開発の背景

大学において学内事務処理を機械化する際には、一般の事務処理システムを開発するのと同様な作業が必要となる。すなわち事務処理システムの設計から始まり、プログラム開発、テスト及び運用に至る作業が必要である。大学における EDP 要員の不足を考慮すると上記開発作業は大きな負荷を客先に与えることになる。これは少ない要員で情報化キャンパスを実現しなければならないことを意味する。この理想と現実の大きなギャップを埋める効果的なアプリケーションシステムを提案・作成することがメーカ側の重要課題になってきた。《MEL SIS》は当社の持つ高度なハードウェア及びソフトウェア技術を駆使し、かつ斬新な着想によりアプリケーションシステム開発の生産性を向上したものであり上記課題の解決をはかるものである。《MEL SIS》とは MELcom School Information System の略称であり、入試から入学、進級、卒業までの学生管理から卒業以降の管理、経理処理、図書管理まで含む総合システムを基本指想とし、その実現をはかっている。図1.に開発の現状を示す。

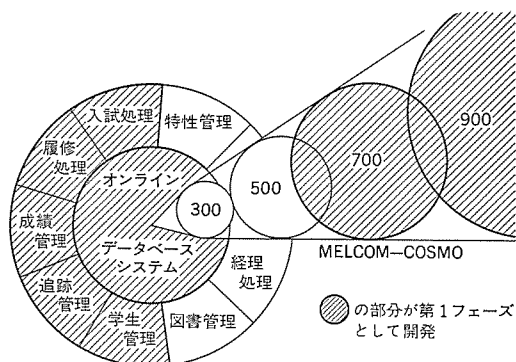


図 1. 《MEL SIS》開発状況

表 1. 電算化対象事務の件数（文部省大臣官房情報局）

| 区 分 | 49 年 | 50 年 | 51 年 | 52 年 |
|-------|------|------|------|------|
| 大 学 | | | | |
| 給 与 | 36 | 45 | 47 | 56 |
| 入 試 | 29 | 33 | 34 | 36 |
| 図 書 館 | 10 | 13 | 14 | 15 |
| 人 事 | 10 | 10 | 15 | 22 |
| 教 務 | 9 | 9 | 8 | 12 |
| 病 院 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| 経 理 | 3 | 5 | 7 | 15 |
| そ の 他 | 5 | 8 | 8 | 8 |
| 高 専 | | | | |
| 入 試 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 教 務 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| 図 書 館 | — | 1 | 1 | 1 |
| そ の 他 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| 給 与 | — | — | 1 | 6 |
| 経 理 | — | — | 1 | 2 |
| 人 事 | — | — | — | 4 |

《MEL SIS》の開発第1フェーズで教務事務（履修登録、成績管理等）及び入試を選んだのは学内事務処理中最重要項目であるにもかかわらず、電算化の実施状況が低いためである。表1.に文部省大臣官房情報処理課が昭和52年12月現在の国立学校事務電算化の実態調査を実施した結果を示す。

3. 《MEL SIS》の概要と特長

《MEL SIS》は標準的な学内事務処理システムに基づいてシステムを構築している。ユーザ（大学）はこの標準システムをベースにしてその大学に合ったシステムへ変換することができる。これは《MEL SIS》データ

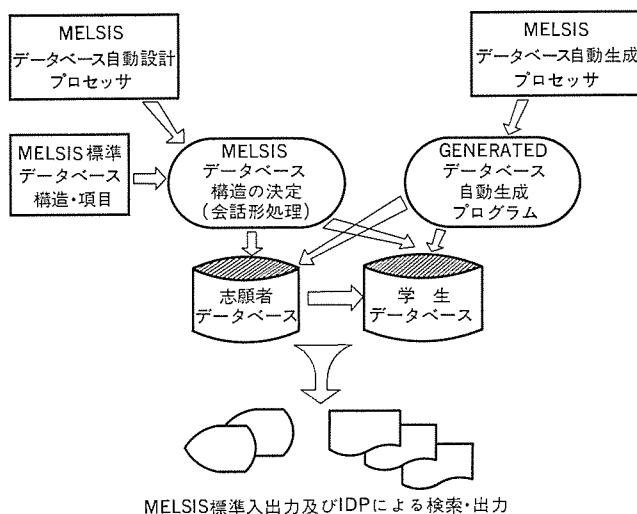
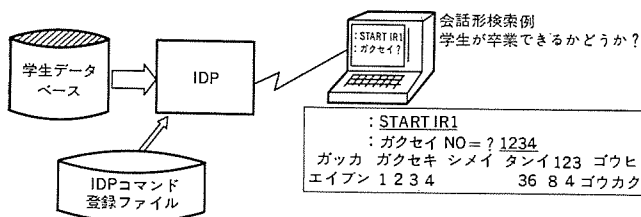


図 2. 《MEL SIS》汎用版概念図



IDPコマンド
 { DISP GAKKA, S-NO, NAME, TANI-1, TANI-2, TANI-3, GOHI
 { WHEN S-NO=? AND TANI-1≧36 AND TANI-2≧8 AND TANI-3≧92

図 3. 《MELSIS》で使用されている IDP 会話形処理の例

図 4. 志願者 マークカード

ベース自動設計プロセッサによりオンライン端末より会話形でデータベース構造及び項目を決定することができる。更に定義されたデータベースに実際のデータを蓄積し、データベース生成処理をするプログラムを自動的にゼネレートする《MELSIS》データベース自動生成プロセッサが提供される。《MELSIS》はん(汎)用版概念図(図 2.)にこれを示す。

《MELSIS》の中核となるデータベースには当社の誇る CODASYL 形データベース管理システム EDMS(Extended Data Management System)を採用した。データベースの採用によりシステムを簡略化し、あらゆるデータ処理を容易に実現した。更に EDMS が提供するエンドユーザ言語 IDP (Interactive Data Base Processor) の利用により検索・出力処理が従来のようにプログラムを作成することなく教務事務の人が直接オンライン端末よりコマンド入力するだけで行うことができる。例えば、“DISPLAY アイラム名”だけで、知りたい情報を検索できる。図 3. に IDP 利用例を示す。

《MELSIS》では学内事務処理で標準的に必要な入出力を入試システム及び履修・成績システムについて準備している。

入試関連標準入出力

(1) 志願者処理

入 力

- ・志願票 マークカード (図 4. 参照)

出 力

- ・学科別採点記入表
- ・氏名順志願者一覧表
- ・府県別高校別人数表
- ・高校別受験者人数表

(2) 採点処理

入 力

- ・採点結果入力

出 力

- ・全学科通算得点順全項目 リスト
- ・学科別受験番号順全項目 リスト

(3) 合否処理

入 力

- ・合格者、不合格者入力

出 力

- ・学科別合格、不合格一覧表
- ・合格者、不合格者通知書
- ・合格者数順高校別一覧表

(4) 補欠処理

入 力

- ・補欠合格者入力

出 力

- ・学科別合格、補欠、不合格者一覧表
- ・補欠合格通知書

(5) 入学生処理

入 力

- ・入学生入力

出 力

- ・学科別入学生一覧表
- ・府県別入学生比較人数表
- ・学籍 カード (図 5. 参照)

履修成績関連標準入出力

(1) 履修登録処理

入 力

- ・カリキュラム 情報
- ・講義時間割表

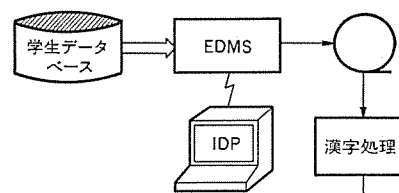


図 5. IDP と漢字システムによる学籍カード出力

図 6. 履修 マークカード

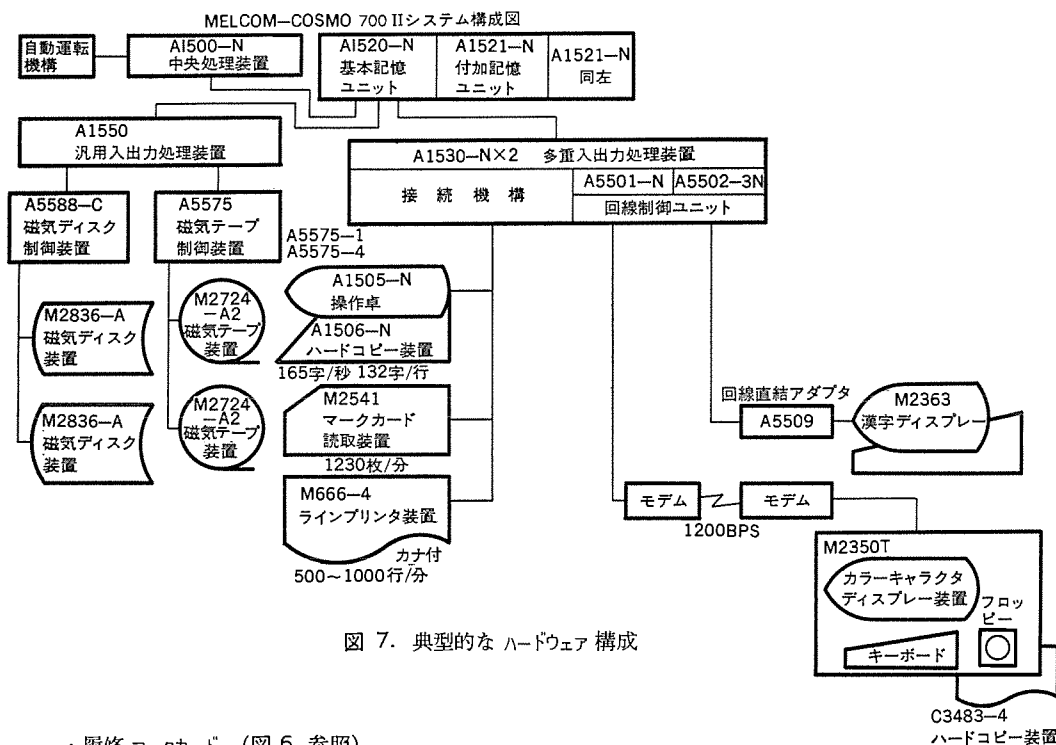


図 7. 典型的なハードウェア構成

・履修マークカード（図 6. 参照）

出力

- ・カリキュラム情報一覧表
- ・講義時間割ラベル
- ・履修届
- ・時間割
- ・講義教員別受講生一覧表

(2) 履修成績結果処理

入力

- ・講義別採点記入表

出力

- ・講義教員別採点一覧表
- ・進級判定会議資料
- ・卒業判定会議資料

《MELSIS》導入により学内事務処理を実現する場合の当社コンピュータ《MELCOM-COSMO》の標準的構成図を図 7. に示し、その効果

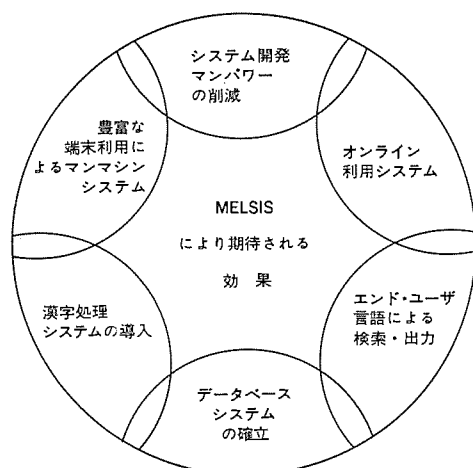


図 8. 《MELSIS》導入により期待される効果



図 9. M 2350 インテリジェント端末

を図 8. に示す。更に《MELSIS》の特長を以下に記す。

(1) オンラインデータベースの確立

履修処理、成績管理、入試処理などにおいては、インテリジェント端末、キャラクタディスプレイ、マークカードリーダー等の豊富な端末を利用したオンラインデータベースシステムを確立している。当社の持つオンラインデータベースは《COSMO》シリーズの各レベルで提供されており、《COSMO》700, 900 用のデータベース管理システムとして EDMS, 《COSMO》500 用には使いやすい DMS-5, 《COSMO》300 用には DMS-3 がある。

(2) データ入力の効率化

学内事務処理では発生するデータをいかに効率よく入力するかがポイントになる。志願票、履修届のマーク入力、採点結果のインテリジェント端末からのディスク（フロッピーディスク）経由での入力等データ入力の効率を上げている（図 9.）。

(3) 会話形言語（エンドユーザ言語）の利用

学内事務処理では多彩な出力要求が求められる。この要求に対しては、プログラムを組まずに直接オンライン端末よりエンドユーザ言語を使用して必要なデータを検索・出力することが可能になる IDP が利用できる。

(4) 漢字処理システムの導入

卒業生名簿の作成、学籍カード作成、成績証明書の発行等に漢字処理システムが導入できる。漢字処理は漢字端末のオンライン接続又はセンタでのオンライン利用により実施できる。

(5) 段階的システム開発が容易

データベースは段階的システムに開発ができるように設計されており、学部別又は学年別に学生の成績管理を導入するといったようなことがスムーズに実施される。

4. 《MELSIS》汎用版

3 章で述べたような特長をもつ《MELSIS》汎用版は、各システムごとに、いくつかのプロセッサから構成している。

ここでは、学生を対象にした事務処理面から、入試及び履修成績管理システムについて、その概要を下記に述べる。

4.1 入試システム

各大学における入試業務は、学内事務の中で、もっとも重要なものの 1 つとなっている。入

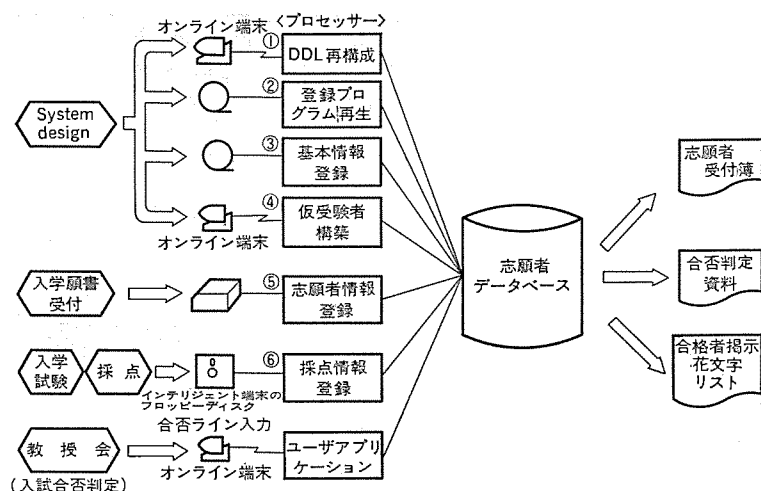


図 10. 入試 システム 概要図

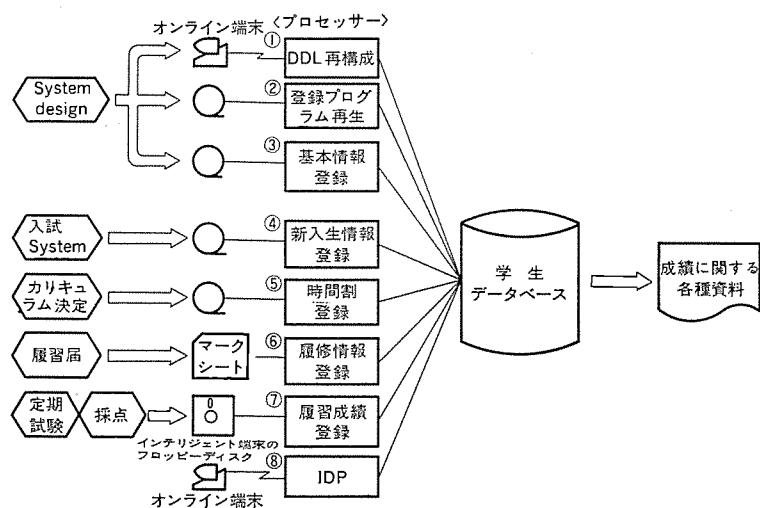


図 12. 履修成績管理 システム 概要図

学試験処理を行うために、《MEL SIS》では 図 10. に示すような 6 つのプロセッサを提供し、処理する。

入試業務に関する詳細なシステム設計が終了した段階で《MEL SIS》の標準データベース定義に関して変更（アイテムの追加、削除など）があれば、①DDL (Data Description Language; データベース定義言語) 再構成プロセッサにより、オンラインで自動的に変換し、データベース定義を再構成する。それからこの新生 DDL 情報により、②登録プログラム再生プロセッサを用いて《MEL SIS》の各種標準登録プログラムの FILE SECTION の項目定義に対して再編集をする。

そして、実際の入試業務を開始する前には、③基本情報登録プロセッサを用いて、志願者データベース上に基本情報（試験日、学科名、学科コードなど）を初期登録する。また、④仮受験者構築プロセッサにより、志願者データベースに志願者のわくを生成する。

入試業務が開始され、願書の受け付けがはじまると、締切日までの間に何回かに分けて、願書の内容を⑤志願者情報登録プロセッサにより、志願者データベースに格納する。その際、チェックリストを出し、願書の内容をチェックする。願書締切後、最終の志願書データが入力されると、欠番チェックなどを行い、志願者名簿を作成する。

入学試験が終了すると、限られた数日の間に、各科目採点委員よりまわってくる採点結果を成績原票に転記する。その採点結果を、⑥採点情報登録プロセッサにより、志願者データベース上に格納する。

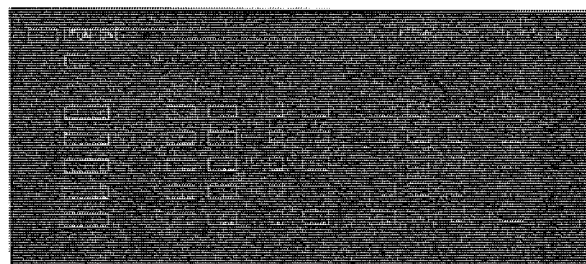


図 11. 入試成績入力画面 フォーマット

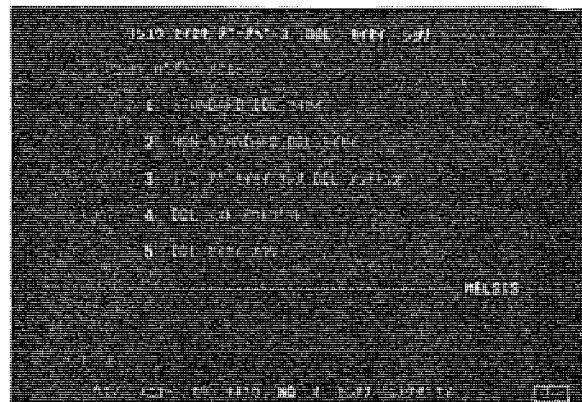


図 13. 履修成績データベース自動定義 CRT 画面例

(図 11. にインテリジェント端末よりの入力画面フォーマットを示す)。その際、目視による採点データのチェック及び《MEL SIS》独自のチェックサムを取り、採点データの入力間違いを生じないようにしている。

すべての採点結果を登録し終わると、集計し、得点順に並べかえて判定資料をつくり、判定会議にまわし、合格者を決定する。

そして、オンライン端末より合否ラインを入力し、合格者発表用リストを作成する。

こうした一連の入試処理は、秘密性を期し、かつ正確性と迅速性が要求されるために、《MEL SIS》では、データベースに対してのパスワード、データの暗号化、更に、効果的かつ効率的なデータ構造をとり、即時処理を基調としている。

4.2 履修成績管理システム

履修登録管理、成績管理などの教務事務は、事務量のもっとも多いものである。この履修成績管理を行うために《MEL SIS》では図 12. に示すような 8 つのプロセッサを提供し、処理する。

教務事務に関する詳細なシステム設計が終了した段階で、前述した入試システムと同様に、①DDL 再構成プロセッサ、②登録プログラム再生プロセッサを用いて、データベース定義の再構成(図 13.)及び各種標準登録プログラムの再生をする。

年度のはじめにおいては、学部学科、年次クラス、教員、教室などの情報及び、新入生の情報を③基本情報登録プロセッサ、④新入生情報登録プロセッサにより、学生データベース上に格納する。

各学期のはじめになるとカリキュラムが決定され、それに基づいて学生が履修届を申告する。教務では、時間割の内容を⑤時間割登録プロセッサにより、履修届の内容を⑥履修情報登録プロセッサにより、学生データベースに格納する。そして、各種の履修内容のチェックを行い、履修一覧表などを作成する。

各期末の定期試験終了後には、試験結果を⑦履修成績登録プロセッサ

サにより、学生データベース上に格納する。

年度末には、進級判定会議並びに成績表の配布が行われるが、これら資料は⑧IDPにより作成する。

こうした一連の教務事務処理には、多量データを取扱うための省力化と学生へのサービスを主体に考え、多目的かつ多能的に設計された学生データベースを用いている。更に、オプションとして漢字システムが提供され、成績原簿など半永久的に保存する資料には、漢字プリンタによる出力を設けている。

5. 《MELISS》適用例（岡山理科大学システム紹介）

岡山理科大学は、昭和39年に創立され、現在、理学部7学科、学生数3,000人余りの単科大学である。昭和52年に、情報処理教育、研究、学内事務処理への活用のために《MELCOM-COSMO》700を導入した。特に、学内事務処理に関しては《MELISS》を導入し、入学試験処理、履修成績管理システムの開発を推進してきた。ここでは、岡山理科大学の履修成績管理システムについて紹介する。

新年度になると、新入生に対する学籍の作成、同時に全学生の学生名簿の作成、新学生証の交付が行われる。また、カリキュラムの編成が行われ、学生はそれに基づいて履修登録を行う。

（1）基本情報入力処理

カリキュラムが決定されると、基本情報登録プロセッサにより、教員情報、教室情報、学部情報、学科情報、年次・クラス情報、系列情報、科目情報を学生データベースに登録する。

（2）新入生処理

入学者が決定すると、学籍番号が付加されて、入試システムからの新入生の内容を、新入生情報登録プロセッサを用いて、学生データベース上に登録する。

（3）時間割入力処理

時間割内容（曜日時限、科目コード、教員コード、対象年次クラス等）を、時間割登録プロセッサを用いて、学生データベース上に登録する。これは、インテリジェント端末 M 2350 使用により、図 14. の画面フォーマットにより入力する。

（4）履修処理

学生は取得する科目を決めると、履修内容をマークカードに記入し、教務課に提出する。チェックした後に、履修情報登録プロセッサを用いて、学生データベースに登録する。その際、履修届、学生別時間割表、講義別教員別受講生一覧表、講義教員別採点一覧表を出力する。

学生は、前期・後期末になると定期試験を受ける。試験が終了すると、各担当教官はあらかじめ配布された講義教員別採点一覧表に学期末試験の結果を記入し、教務課に提出する。教務課では、インテリジェント端末で成績を入力する。

（5）試験処理

フロッピーディスク上の成績を、履修成績登録プロセッサを用いて学生データベースに登録する。その際、採点結果一覧表、科目教員別成績表を出力する。

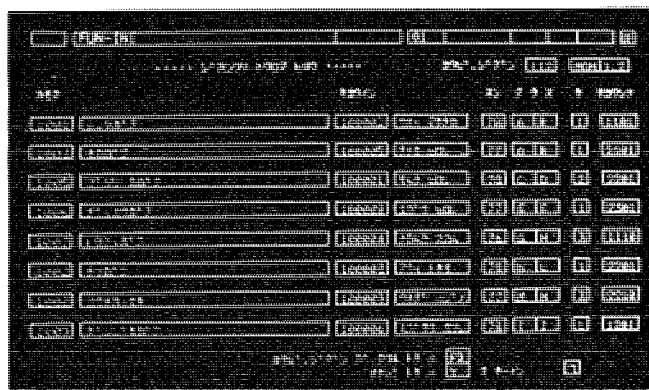


図 14. 時間割登録画面フォーマット

後期末の試験終了後には、成績原簿、家庭連絡用成績表、進級判定会議資料を出力する。

後期末になると、学生の進級・卒業に関する処理が行われる。

（6）進級・卒業処理

教授会による進級・卒業判定会議の結果、留年、未卒業者データが入力され、学生データベースを更新する。その際、進級者・留年者一覧表、卒業生一覧表を出力する。

また、学生の転学、退学、休学等の諸異動に対する学籍管理が随時行われる。

（7）学籍管理

学生の異動があるたびに、インテリジェント端末より、オンラインで、学生データベースの更新を行う。

以上のような、《MELISS》の汎用パッケージを導入した結果、岡山理科大学では、従来のシステムと比較して、開発期間の短縮及び開発経費の低減化、データの保全・機密保護、多様化した業務への適応性、システムパフォーマンスの向上、などの相乗効果をもたらした。

6. む す び

《MELISS》は当社の誇るデータベース管理システム EDMS、エンドユーザ言語 IDP、漢字処理技術を利用して学内事務処理の入試システム、履修・成績システムを実現したものである。またインテリジェント端末、マーク入力等によりマンマシンインタフェースを改善している。《MELISS》による学内事務処理はさらに全学的教育システムから学籍管理、学術情報、相互コミュニケーションを含む、研究と教育に関する情報化キャンパスへと発展することが急務である。これを実現するためには更に基礎技術として分散処理システム、分散化データベース、情報検索システムを充実せねばならず、今後とも当社の技術力を総合した教育情報システムを発展させたい。

最後に《MELISS》開発・運用にあたってご指導ご協力をいただいた岡山理科大学 計算センター 所長 塚本幸雄教授、同開発室 岩崎課長、井上氏、学習院大学 企画室 森川氏をはじめ関係各位に心から謝意を表する。

基板コンピュータ《MELCS》8/2の自動製造装置への応用

杉本 維平*・川口 克二*・大谷 雅樹*・石井 康熙*

1. ま え が き

マイクロプロセッサはプリント基板上に組込まれた基板コンピュータとして商品化されるようになってから、その使いやすさと経済的な価格から爆発的なブームを巻き起こし、その利用範囲は広がる一方である。商品化の初期においては、トレーニングキットやゲームなどを目的とした文房具的用途が主体となっていたが、次第に電気機器、機械装置あるいは一般家庭用品にも応用されるようになり、本格的なマイクロコンピュータの需要期をむかえた。

近年、自動製造機械装置は、精密な工作技術と半導体による無接点化によって飛躍的に高度化し、ミニコンの導入が1つの契機となって設備のシステム制御が進み、更にマイクロコンピュータが実用化されて、従来の個別の装置にも機能の多様化と回路の簡素化が促進されるに至った。

半導体製造装置では大形設備に由来からミニコンが利用されていたが、マイコンの出現とともに、これが自動組立ラインやテスト工程、ウエハの自動処理装置などに積極的に利用され、部品点数の減少、回路の標準化、及び経済性など多くの利点が得られるようになった。

マイコンをこのような装置に利用する場合は、従来ワイヤードロジックで構成していた論理機能は可能なかぎり、CPUに受持させることを前提としてその適否を検討し、あわせて操作性についても十分配慮しなければならない。本稿では当社製基板コンピュータ《MELCS》8/2の種々の実施例の中から特に応用範囲の広いICのハンドリング装置の例について述べる。

2. IC ハンドリング装置の概要

ICハンドリング装置とは、ICの電気的特性をチェックするために、ICテストの測定端に自動的に素子を装着し、測定完了後はその結果にしたがって所定のカテゴリに分類収納する装置である。最近では、測定条件が高周波領域に及びかつ、素子の形状やパッケージが多様化しつつあるため、ハンドリング装置には簡単に変更でこれらの素子に対応できる構造が要求される。ここに紹介する装置は、300 mil, 400 mil 及び 600 mil 幅で8ないし24 pinのDIL形IC素子に適用でき、テスト時間最低0.1秒を含め、1個当たり0.5秒で処理できる能力を持つ。素子の供給と収納はチューブを使用する。図1.にハンドリング装置の外観と図2.に機構部分を示す。図2.をもとに本稿に必要な動作について述べる。

ローダ部では、素子の充てん(填)されたチューブがセットされ、重力による自然落下によって1つずつICがストック部へ送られる。ストック部は素子を効率よくヘッド部に搬送できるように、あらかじめ測定すべき素子を複数個ためこんでおくところである。ここには素子の保有の状況を検出するFEW-WORKセンサが設けられ、ローダ部からの素子の排出をコントロールしている。ヘッド部は素子を1個ずつ送り出すエスケープ機構と外部テストの測定端子に接続するためのコンタクト機構、及びこれらの駆動機構からなっている。この駆動機構に

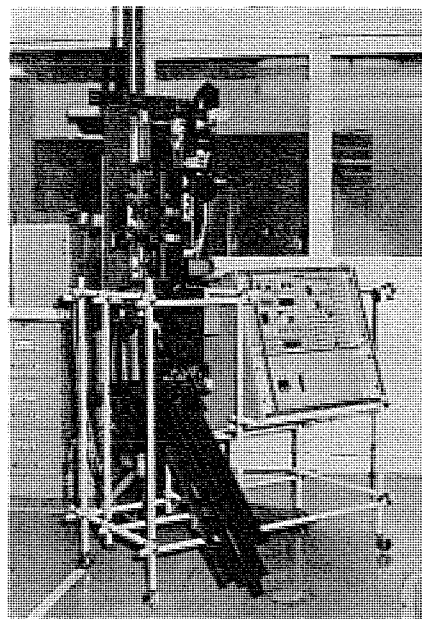


図 1. IC ハンドリング装置の外観

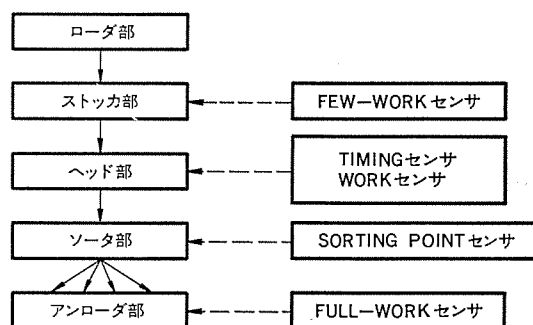


図 2. ハンドリング装置のブロック図

は機械動作を正確に制御するためTIMINGセンサがあり、装置全体の1サイクル動作を検知している。また、コンタクト機構には、素子の有無を検知して外部テストへテストスタートを指示するためのWORKセンサがある。ソータ部は、ヘッド部でテストされた素子を外部テストからのソーティング信号にもとづいて分類するところで、この装置では4系統のカテゴリに分類できる。ここにはSORTING POINTセンサがあり、分類のための停止位置を検出している。アンロード部は、ソータ部で分類排出された素子をカテゴリごとにチューブに充填する部分で、FULL-WORKセンサによってチューブごとに満杯の検出を行う。

制御回路系はこれまで、測定分類するICの機種ごとに、その機能を十分発揮させるためハードウェアも異なった形式のものが使われていたが、この装置では以下に述べるようにマイクロコンピュータを利用し、若干のソフトウェアの変更だけでほとんどすべての形状のICに適用できるように配慮した。

3. IC ハンドリング装置への基板コンピュータの応用

表 1. は、ハンドリング装置の制御部における電気信号系の一般の共通事項についてまとめたものである。すなわちハンドリング装置では、データや信号の同時処理の要求は少ないが、モータやソレノイドの駆動など同時に出力する必要のあるものが多い。更に処理機能には、メカニズムの制御のようにシーケンシャルな処理と、テストからの測定結果にもとづいて行われる分類、計数などコンピュータ的な処理の2つが必要となる。このような機能が要求される制御には、基板コンピュータの利用が最適であると考え、筆者らは多目的に利用できる制御装置として図 3. のシステムを開発した。このシステムは単に IC ハンドリング装置に適するだけでなく、広くその他自動機への適用が期待されるものである。以下、使用した CPU ボード、システムの基本構成、回路、並びに IC ハンドリング装置に開発したソフトウェアなどにつき順

表 1. ハンドリング装置の制御部の一般的必要事項

| | | | | |
|----|---------------------|--|--|----------------------------|
| 1. | 入 力 点 数 | 40~50点 | スイッチ関係 (パネルスイッチなど) | 10~20 点 |
| | | | 各種検出機構フォト検出 (など) | 10~15 点 |
| 2. | 出 力 点 数 | 30~40点 | 外部入力信号関係 (テストとの受渡し信号など) | 5~10 点 |
| | | | 表示関係 | 10~15 点 |
| 3. | 必 要 な 処 理 機 構 | シーケンシャルな処理 メカニズムの制御 コンピュータ的な処理 テスト結果の処理・分類 計数異常検出の処理 | ROM 1.5~2 K バイト (モニタ用 1 K バイト シーケンス制御・サブルーチン用 0.5~1 K バイト) | 10~15 点 5~10 点 2~5 点 |
| | | | RAM 2~2.5 K バイト (メインプログラム 1.5~2 K バイト DMA一時メモリ用 0.5 K バイト) | |
| 4. | 同 時 処 理 の 必 要 性 | 比較的少ない | ポート数 3~5 DMA 入出力 64 点 | |
| 5. | パ ラ レ ル 出 力 の 必 要 性 | 有 | 計数表示 パルスモータの制御用など | |

を追って述べる。

3.1 使用基板コンピュータ《MELCS》8/2

《MELCS》8/2 は 8ビット CPU 《MELPS》8 (Mitsubishi Electric LSI Processor) を 145×125 mm の プリント 基板上に実装し、ユーザボードにそのままビルドイン可能とした信頼性の高いシングルボードコンピュータで、PCA 0801 と称している。図 4. は マザーボードにビルトインした PCA 0801 を示したもので、 π チャンネルシリコンゲート MOS 構造による 8ビット CPU (8080 A 相当) と 2 K バイト EPROM, 256 バイト スタック RAM を有し、入出力ポートは PPI を 2 個実装し、8ビット×6=48ビットのプログラマブルな入出力ポートを形成している。電源は DC-DC コンバータを内蔵しており、5 V の単一電源動作が可能である。またクロックゼネレータと 18 MHz の水晶発振子を実装しており、基準周波数源と TTL レベルクロック出力を外部にとり出すことができる。

3.2 システムの基本構成

図 3. に示すように、はん(汎)用性のあるシステムとするため、信号を同時に入出力させる必要があり、周期的に DMA (Direct Memory Access) 機能で入出力を行うようにした。すなわち、信号の平行出力とともに、コンピュータ処理としての出力及び入力用の PPI (Programmable Peripheral Interface) ポートを設けて、DMA 周期の期間に実行用のプログラムを入れられる構成にした。このように DMA 機能をもたせることは入出力の同時処理が可能となるが、一方ではハードウェアの増大となる。しかし CPU の動作ステップ数が少なくてすみ、全体の処理時間が短縮できるなどのメリットが大きい。

メモリ回路では、シーケンス処理に必要なサブルーチンはすべて ROM で受持させ、外部からマイクロコンピュータのアセンブラ言語でもプログラムできるように 2.5 K バイトの CMOS・RAM で構成している。また ROM の容量は 2 K バイトあり、汎用性を考慮して DMA 入出

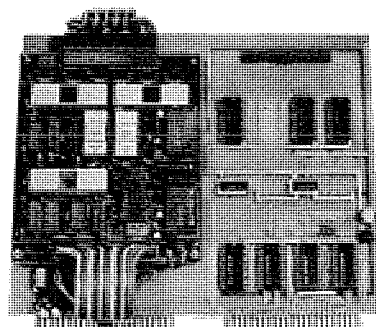


図 4. マザーボードにビルトインした PCA 0801 基板コンピュータ

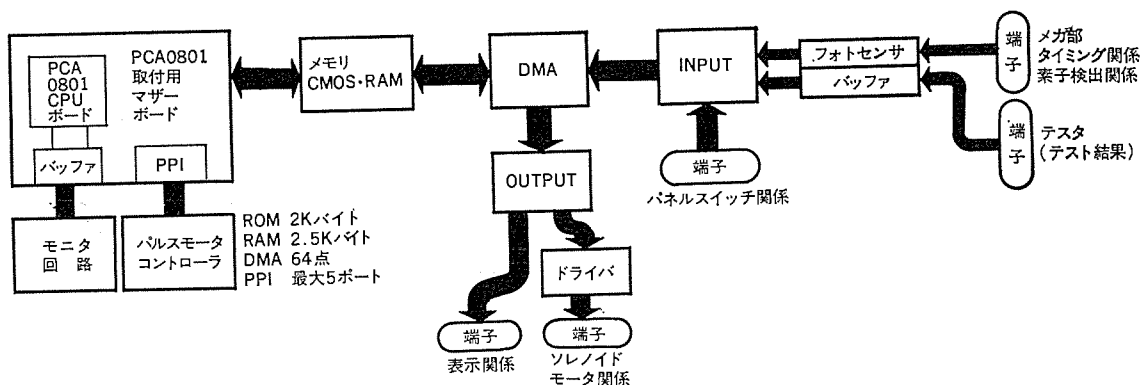


図 3. システムの基本構成

って DMA動作は完了する。なお、このシステムでは DMA 動作が完了した場合、CPU は 2000 # 番地からの命令を実行するように、ソフトウェア でプログラムされている。

3. 4 ソフトウェア

図 7. に メカニズム の タイミングチャートを示す。DMA 機能に関する入力信号及出力信号の内容と アドレス の割振りは表 2. のようになっている。機械装置の制御では タイミングチャート や入出力の アドレス の割付けをもとにして プログラム することになる。

この ハンドリング 装置では、従来の ワイヤードロジック によって構成されていた回路をほとんどそのまま図 3. の システム に置きかえることに重点をおいたので、比較的細い基本的な回路要素の範囲で サブルーチンをつくり、ソフトウェア の大部分は CALL 命令によって組立てられている。図 3. に示す システム は、他の機械装置や製造設備のコントローラ への汎用性を考慮しているので、ハンドリング 装置固有の サブルーチン をなるべく少なくし、利用範囲の広い、比較的小規模の サブルーチン を使用している。このように多数の CALL 命令で構成することは、処理時間を長くするおそれはあるが、機械制御系の プログラム には考えやすい方法である。

3. 4. 1 サブルーチン

このような理由から、この ハンドリング 装置では、サブルーチンとして個別 IC の機能レベル に準じたものを基本として構成 した。この基本 サブルーチン は全部で 16 種類使用されているが、その主なものを表 3. に示した。このうち使用ひん度の高い DFF について プログラム の内容を説明する。

DFF は エッジトリガ 形式の フリップフロップ の作用をする サブルーチン で、図 8. はその フロー を示したものである。まず Aレジスタ に DFF のトリガ 端子 (T) 入力相当のデータをロードする。表 3. に示すように、

表 3. 基本サブルーチンの 1 例

| サブルーチン名 | マニュアルでローディングする場合のマシンコード | 説 明 |
|---------|-------------------------|--|
| ETRGFO | CD, 71, 05, A', a, b | Aレジスタの内容が 00 から FF に変化した場合のみ a(アドレス下), b(アドレス上) で示される m 番地の内容を 00 にする |
| ETRGOF | CD, 96, 05, A', a, b | Aレジスタの内容が FF から 00 に変化した場合のみ a(アドレス下), b(アドレス上) で示される m 番地の内容を FF にする |
| SETFF | CD, 15, 06, a, b | A レジスタ の 内容 が FF の場合 a (アドレス下), b (アドレス上) で示される m 番地の内容を FF にする |
| SETFO | CD, 2 c, 06, a, b | A レジスタ の 内容 が FF の場合 a (アドレス下), b (アドレス上) で示される m 番地の内容を 00 にする |
| DFF | CD, 70, 06, a, A' b, c | a, b, c はそれぞれ D タイプフリップフロップのリセット端子 Rd, D 入力, Q 出力の状態に相当し A' は T 端子 (A) の前回の状態を示す |

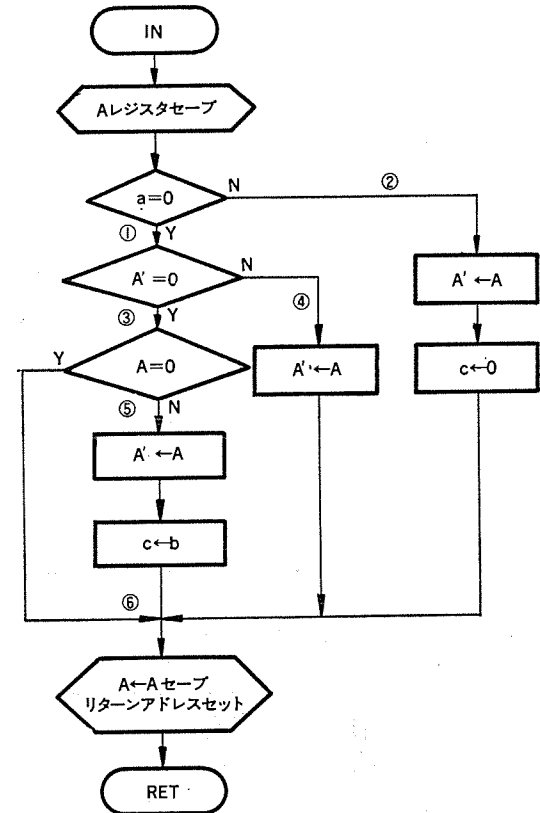


図 8. DFF サブルーチンの フロー

A' は Aレジスタ の前回の記憶, a は リセット 入力, b は D 入力, c は DFF の出力である。ここで DFF の サブルーチン (命令コード CD, 70, 06, 9, A', b, c) が呼び出されると、Aレジスタをセーブし、a の状態を調べる。リセットであれば A の状態をメモリし、出力 c を 0 にして ⑥ に JMP する。リセットでなければ、A' すなわち前回の A の状態を調べ、FF であれば A の状態をメモリして ⑥ に JMP し、もし前回の A が 00 であれば、今回の A の状態を調べる。今回の A の状態が 00 であれば、⑥ に JMP し、FF であればこれをメモリに入れ、出力 c を入力 b の状態に応じてセットし、⑥ に JMP する。その後は Aレジスタを元にもどし、リターン 番地を スタックポインタ にセットし リターン する。

3. 4. 2 プログラム

機械装置の制御のように、タイミングチャート や入出力のアドレスの割付けをもとにして プログラム を行う場合には、従来の ワイヤードロジック や リレーシーケンス 回路との対応を明確にしておくと、メンテナンス や仕様の変更の際に便利である。図 9. は メカニズム の主要な駆動源となる インダクションモータ の制御系の フローチャート である。これを リレー と サブルーチン のシンボル で表した展開線図を 図 10. に示す。図中 X は DMA

表 4. CR 用 メモリ の割振り

| 名 称 | メ モ リ の 内 容 |
|--------|-------------------|
| CR A 3 | テ ス ト 中 |
| CR A 4 | 落 下 検 出 |
| CR A 5 | カ ウ ン ト タ イ ミ ン グ |
| CR BC | パ ル ス モ ー タ 上 端 |

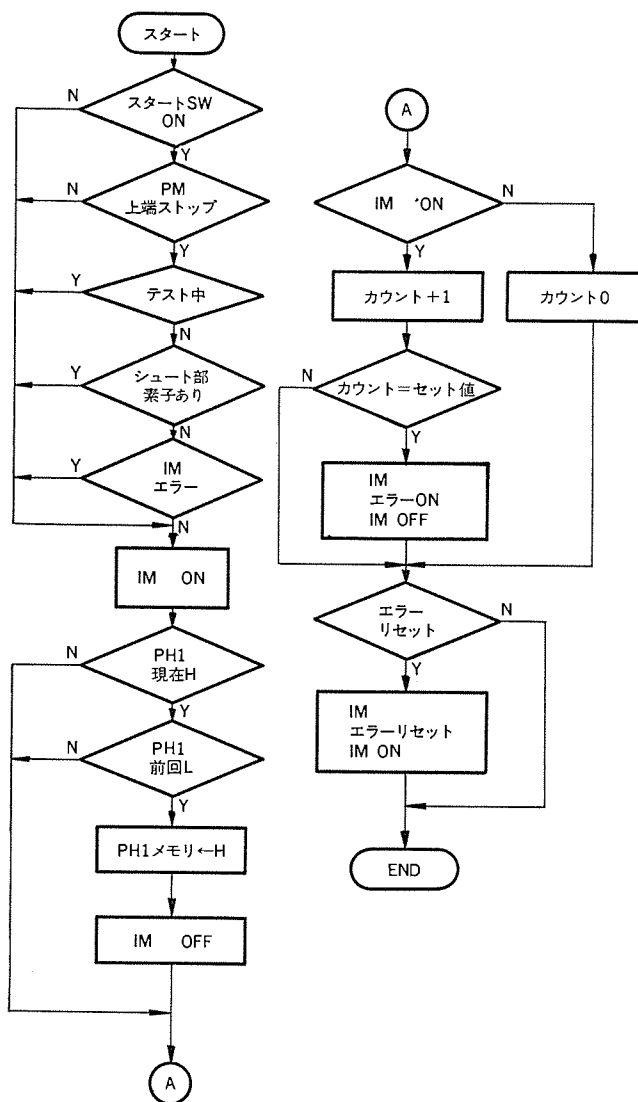


図 9. インダクションモータ制御部のフローチャート

により入力された信号を直接使用する場合を示し、YはDMAにより出力される信号を示している。また、CRは内部メモリで動作の状態を一時的に記憶させるためのコントロールリレーで、表4.はそのメ

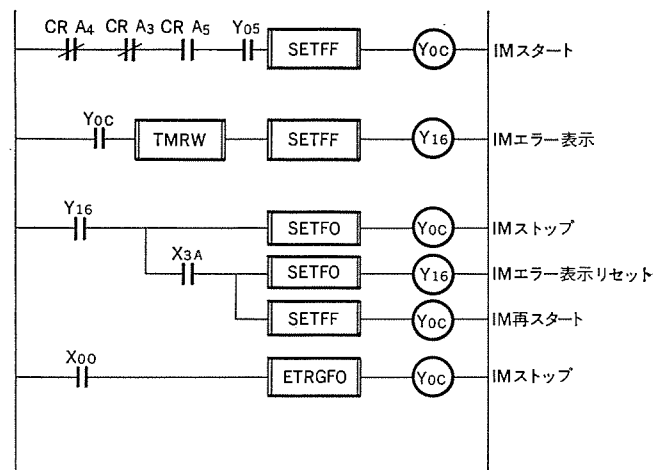


図 10. リレーとサブルーチンで表した展開線図

モリの内容を示したものである。ソフトウェアでは、計数、分類、異常検出などの処理があるが、これらもリレーシーケンス回路とサブルーチンで表すと理解しやすい。次にこの展開線図のシーケンスフローにしたがってアセンブル語でコーディングし、プログラムのローディングを行うことになる。

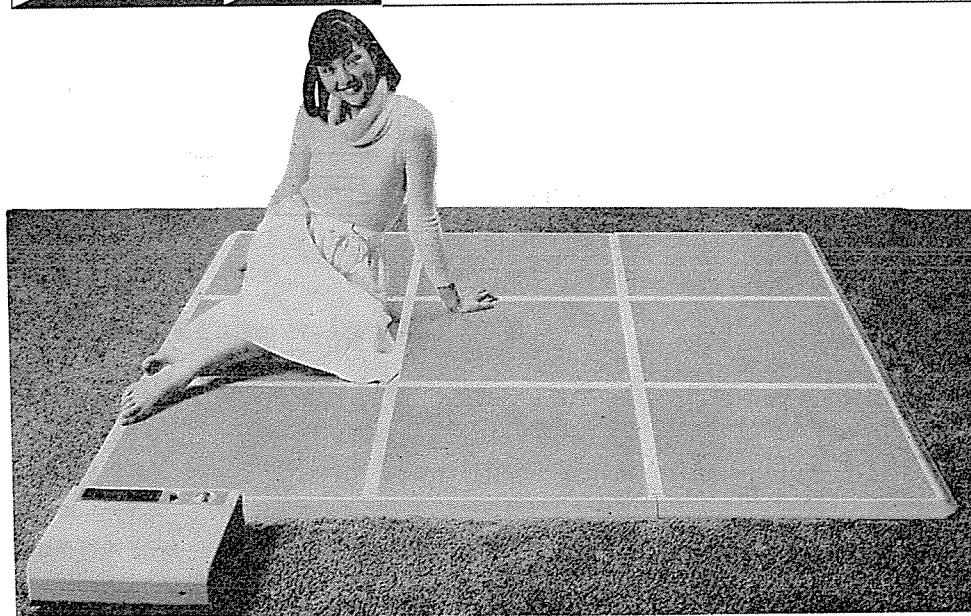
4 む す び

基板コンピュータは若干の周辺回路を標準化し、任意に選択や追加ができるようにすることによって広範囲の制御装置に利用することができることを、ハンドリング装置への適用例によって示した。このシステムは現在、ほかの多くの機械装置の制御部に利用している。

コンピュータも身近なものとなった現在、積極的に利用することが新しい可能性を生み出す原動力ともなると考える。また一般化することについてファームウェアなどについて検討の必要性がでてきているが今後更に広範な応用を展開すべく計画している。(昭和53-7-26 受付)

参 考 文 献

- (1) 三菱マイクロプロセッサ MELPS 8 アセンブラ 言語説明書
- (2) MELCS 8/2 説明書
- (3) 三菱集積回路 データブック (LSI 編)



三菱電機は、空気を熱伝導媒体とした床暖房機、三菱電气温風フロアを開発、発売しました。これは従来の一般暖房方式の弱点であった床面近くの冷たさを解消、安全快適で効果的な暖房です。

本製品は、温風ブローと温風を通して床を暖めるマットで構成されています。温風ブローは熱源として安全で風量による温度差の少ない半導体ヒータを内蔵。温度調節は手動ダンパーにより、ヒータを通る空気量とバイパス回路を通る空気量の割合を加減して行います。マットはスパーサーとしてのポリプロピレン製の骨格構造とその上下に被覆貼付けしたフェルト板とのサンドイッチ構造のパネル9枚を、正方形状に組み合わせています。温風はマット一隅のパネル吹込み口より入り、パネル中央部の空間を通り、対角線上の他の一隅のパネルの吹出し口より出ていきますが、この間、フェルト板を介して全面積をほぼ均等に暖めます。また、パネル間の継目およびマットの側面より、温風が漏れない構造となっています。

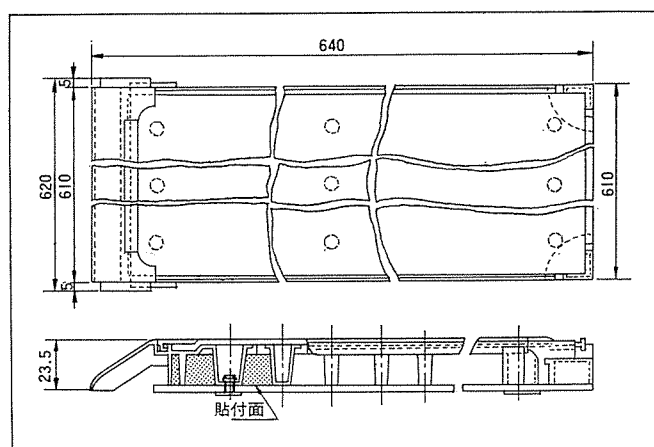
仕様

■温風ブロー(UD-90IA)

| | |
|----------|--|
| 電 源 | AC 100V 50/60Hz |
| 消 費 電 力 | 暖房 (高)940W～(低)400W (ダンパーによる送風 40W 無段階調節) |
| ヒータ形式 | 半導体ヒータ 450W×2個 |
| 過熱防止装置 | 温度ヒューズ99℃ |
| スイッチ | ロータリースイッチ(切-送風-暖房) 125V20A |
| 温度コントロール | 手動ダンパーによる無段階調節 |
| 温風上吹出し | スライドダンパーによる吹出し |
| 騒 音 | 42dB (Aスケール) |
| フ ァ ン | シロッコファン |
| モ ー タ | コンデンサーモータ |
| 重 量 | 5kg |

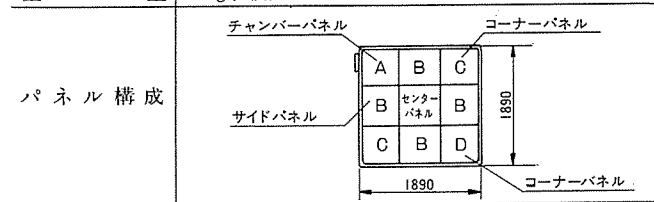
特長

- 頭寒足熱の理想暖房です。
- 足元に通電部分がないので安心感があります。また、マットに水をこぼしても、ピンで突き刺しても感電の心配はありません。
- マットは分解式で、小さくまとめて押し入れに収納できます。



■無配線パネル(UD-90IB)

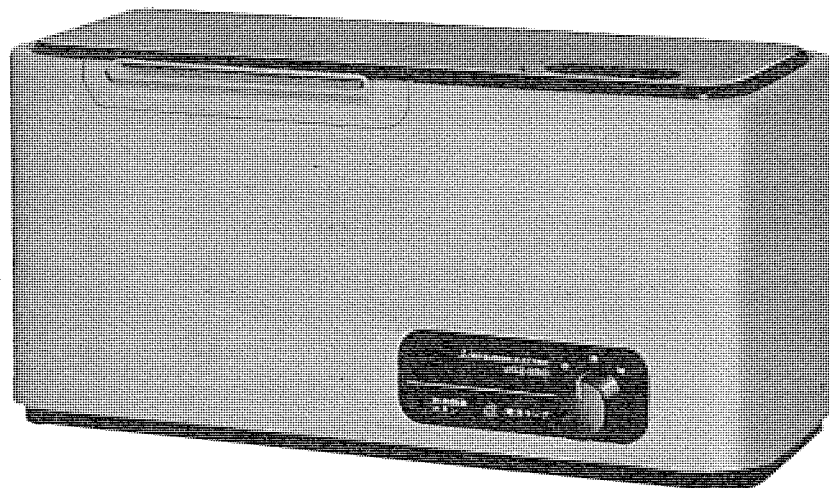
| | |
|---------|--------------------------|
| 使用室内温度 | -10℃～30℃ |
| 耐 荷 重 性 | 100kg/100cm ² |
| 重 量 | 9kg(9枚) |



組 立 方 法 630×630mm パネル9枚、ジョイントにて組立

■別売部品 ブロアスタンド(UD-10S) 上敷じゅうたん(UD-12J)

三菱加湿器〈VGZ-280形〉



三菱電機はFF式（屋外給排気式）温風暖房機の普及にともなう、加湿器へのニーズに応え、加熱蒸発式加湿器を開発しました。蒸発式の採用により、長時間使用の際の水分中のカルシウム分などによる居室の白粉汚染の問題を解決しています。また、タンク内蔵の軟水器と水アカ受皿により、器内の水アカ付着対策もとられています。

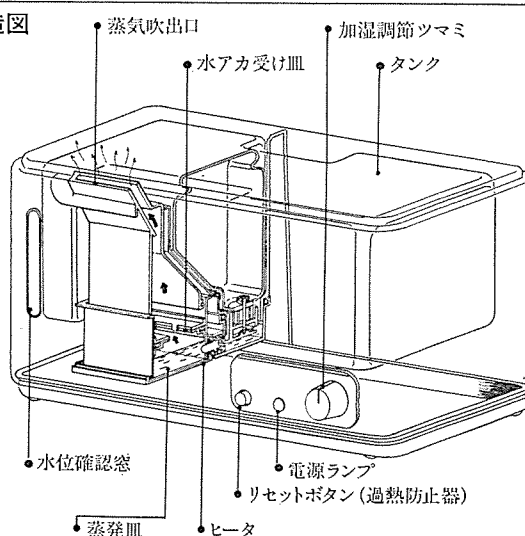
特長

- 水分中のカルシウム分などが居室に飛散することを防止するため、加湿方法は加熱蒸発式としています。
- 蒸発面に水アカが蓄積するのを防止するため給水時に軟水器（イオン交換樹脂入）を通して給水する構造となっています。また、ヒーター上面には水アカ受皿を設け、ヒーター面に水アカがたまらない構造となっていますので、お手入れ回数が少なくて済みます。
- 加熱槽は小形化し、しかも局部加熱であるため熱損失が少なく熱利用効率が高くなります。また、運転開始後、蒸気のでるまでの時間は一般の加熱式に比べ早くなります。
- 加湿粒子は気体化しており、遠心噴霧式や超音波式のように気化熱を必要としないので、加湿による室温の低下が防げます。
- 遠心噴霧式に比べ加湿粒子が小さいので、周囲への水滴の飛散が防げます。
- 回転部分がないため静かな運転ができます。
- 石油、ガス《クリーンヒーター》ならびに《クリーンヒーターエアコン》の上面に設置可能な外形寸法であり、固定用部品も付属しています。
- 加湿調節は強弱2段の切替ができます。

仕様

| 形 名 | VGZ-280 |
|----------|------------------------------|
| 標準加湿量 | 強・約0.28ℓ/h 弱・0.14ℓ/h |
| 適用床面積 | 13.2～9.9㎡（8～6畳程度） |
| 給 水 方 法 | カートリッジタンク式 容量 3.5ℓ |
| 連続加湿時間 | 強・約12.5h、弱・約25h |
| 電 源 | 単相 100V 50/60Hz |
| 消費電力 | 強 220W 弱 110W |
| 加 湿 方 式 | 正特性サーミスタ形ヒータによる局部加熱蒸発式 |
| 加 湿 調 節 | 強・弱・切 ロータリースイッチ切替 |
| 安全装置 | 電流ヒューズ(7A) 手動復帰式過熱防止器 |
| 通 電 表 示 | ネオンランプ表示 |
| 製品寸法(mm) | 367(幅)×160(奥行)×183(高) |
| 重 量(kg) | 3.1 |
| 設 置 方 法 | 床置(《クリーンヒータ》上面設置可能) |
| 付 属 品 | 《クリーンヒータ》への固定金具セット、軟水器(再生可能) |

構造図



| 登録番号 | 名 称 | 考 案 者 | 登録番号 | 名 称 | 考 案 者 |
|---------|------------------|----------------------|---------|-----------------------|---------------------|
| 1163812 | トランジスタ取付装置 | 岩村清志郎・三橋康夫 | 1163832 | 部品取付枠 | 栗原義夫 |
| 1163813 | 真空しゃ断器 | 加藤 勝 | 1163833 | 段ボール梱包装置 | 木村善昭 |
| 1163814 | 真空しゃ断器 | 加藤 勝 | 1163834 | 接点 | 植木康雄 |
| 1163815 | 断路器 | 阿部 智・福島助三 | 1163835 | ガスバーナ | 松野信義 |
| 1163816 | 双方向サイリスタの熱抵抗測定装置 | 石井 真・藤丸吉男 | 1163836 | 溶接機のワイヤーストレーナ | 後藤洋治・山本文孝 |
| 1163817 | 電磁ブランチ装置 | 植田友義 | 1163837 | 冷暖房装置 | 三浦 隆・丸山 忍 |
| 1163818 | 遮断器などにおける取付装置 | 藤沢 稔 | 1163838 | 燃焼機 | { 神谷昭美・吉野昌孝 藤井忠承 |
| 1163819 | テレビジョン受像機の高圧発生装置 | 大塚洋俣 | 1163839 | 軸受装置 | 野田祐久・山崎勝彦 |
| 1163820 | 電磁装置 | 原文 吾・実森俊夫 | 1163840 | 機関点火装置 | 才田敏和 |
| 1163821 | 流体制御回路 | 鎌田 勉 | 1163841 | 暖房または給湯装置 | 岩崎善彦 |
| 1163822 | 発電機の電圧調整装置 | 平田 毅・小西寛示 | 1163842 | 液相成長用ウェハー保持機構 | 大坪陸之 |
| 1163823 | 配達物検知装置付インターホン | 佐々木武敏・吉川英之 | 1163843 | テレビジョン受像機における制御電圧発生回路 | 小島正典 |
| 1163824 | 羽根取付け装置 | 入沢淳三・下畑士彦 | 1163844 | マイクロ波ダイオード用パッケージ | 澤野 寛・石原 理 |
| 1163825 | 変圧器巻線 | 藤岡泰治・道畑元徳 | 1163845 | 回転機の軸受装置 | 平田 毅・山根恒夫 |
| 1163826 | 荷重検出装置 | 森川富夫 | 1163846 | 熱交換器 | 酒井勝正 |
| 1163827 | 収塵装置付電気かみそり | 丸山 泰・熊田泰治 | 1163847 | 熱交換器 | 吉野昌孝・松井 進 |
| 1163828 | 環状透過形X線モニター | { 美濃和芳文・金澤正博 小倉一正 | 1163848 | 空気調和機 | 鈴木太八郎 |
| 1163829 | エアポンプの風量調整装置 | { 増田三郎・川合輝一 小池利男 | 1163849 | 樹脂封止半導体装置 | 高本雄啓・宮本雄二 |
| 1163830 | 油入電気機器の呼吸装置 | 杉浦万作・武田克郎 | 1163850 | 変圧器の積層鉄心 | 松本金昭 |
| 1163831 | 自動車用電磁ポンプ制御装置 | 鈴木良三・小野達男 | 1163851 | 制限開閉器のカム軸 | { 正木芳郎・小倉常夫 駒井克行 |

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 52 No. 12 人工衛星と地上設備特集

特集論文

- 人工衛星と関連機器
- 電離層観測衛星「うめ2号」
- 実験用中容量静止通信衛星 (CS)
- CS 主固定局兼運用管制局及び BS 主局アンテナ
- 準ミリ波専用地球局カセグレンアンテナ
- 実験用中型放送衛星用地上関連設備
- ホイールを利用した人工衛星の三軸姿勢制御

普通論文

- 加工用大出力炭酸ガスレーザ
- 関西電力(株)中央給電指令所納め給電指令台の人間工学的考察及びデザイン
- 回転ヘッド形 PCM 方式磁気録音機
- 低雑音及び高出力 GaAs-FET
- 硬化エポキシ樹脂分析法の開発
- 大容量変圧器における流動帯電現象
- 全3相一括形ガス絶縁変電所 (GIS)

三菱電機技報編集委員

| | | | |
|------|-------|---------|-------|
| 委員長 | 榎本俊弥 | 常任委員 | 久保田伸夫 |
| 副委員長 | 浦徳太郎 | " | 平林庄司 |
| " | 後藤正之 | 委 員 | 遠藤裕男 |
| 常任委員 | 佐々木二郎 | " | 村上卓弥 |
| " | 荒川信雄 | " | 神谷友清 |
| " | 葛野信一 | " | 橋爪 基 |
| " | 武藤 正 | " | 吉田太郎 |
| " | 奈川敏雄 | " | 土井貞春 |
| " | 瀬原田三郎 | " | 貴志清志 |
| " | 高橋広光 | " | 小野勝啓 |
| " | 忍足 博 | 幹 事 | 本間吉夫 |
| " | 武田克己 | " | 足立健郎 |
| " | 清田 浩 | 11号特集担当 | 平林庄司 |
| " | 福家 章 | " | 野畑昭夫 |

三菱電機技報 52 巻 11 号

(無断転載を禁ず)

昭和53年11月22日 印刷
昭和53年11月25日 発行

| | |
|--------|--|
| 編集兼発行人 | 本間 吉 夫 |
| 印 刷 所 | 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社 |
| 発 行 所 | 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 (〒100) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 |
| 発 売 元 | 「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101) 株式会社 オーム社書店 |
| 定 価 | Tel. (03) 233 局 0641, 振替口座 東京 20018 1部400円送料別(年間予約は送料共5,200円) |

三菱電機は三菱重工業と共同して新たに非常用自家発電設備、「三菱パッケージ発電機」PG-Eシリーズの発売を開始しました。当社は昭和46年、業界に先がけて「三菱パッケージ発電機」PG-Dシリーズ、9機種、72タイプを発売以来、消防法や建築基準法で義務づけられた防災設備の非常用電源として好評を博し、現在までの出荷累計は3,000台以上と業界のトップクラスの実績を有していますが、今回新発売のPG-Eシリーズは、昭和52年11月に改訂された内燃力発電設備協会の認定基準に適合するよう全機種にわたりモデルチェンジしたものです。なお、新認定制度により発電設備は使用時間によって、「普通形」、「長時間形」さらに、10秒以内に送電できる「即時普通形」、「即時長時間形」の四種類に区分され、新発売のPG-Eシリーズには、これに対応して、「即時普通形」のPG-EXと「即時長時間形」のPG-EYとがあります。



PG25EX外観図

特長

- 消防法の適合品です。
新認定制度に対応し、いち早く「即時形」の認定を取得し、これを新シリーズの標準としています。
- 非常照明用の電源に使用できます。
「即時形」のため建築基準法に基づく非常照明用電源として使用できます。
- 機種が豊富で、用途、設置場所に応じた選択ができます。
PG-EX、PG-EYのそれぞれに対し、容量別に9機種、設置場所に応じて、屋内形・屋外形・低騒音形、エンジンの冷却方式

に応じて水冷放水式・水冷ラジエータ式などを組み合わせて、合計144タイプを品揃えています。

- 従来の「三菱パッケージ発電機」の特長をそのままいかしています。
- 軽量、小形で据付工事が簡単です。
- 常時予熱装置、エンジンの定期ブライミング装置、シーケンス回路のプリント化、高性能充電装置などの採用により、いつでも確実に電力を供給できます。
- 大容量モータが起動できます。

仕様

(1)EXシリーズ(即時普通形認定品)

| 仕 様 | | | 形 名 | PG20 | PG25 | PG40 | PG55 | PG80 | PG115 | PG150 | PG200 | PG230 |
|-----------|------------------|---------|--|---------------|-----------|-------|--------|-------|---------|-----------|---------------------------------|-------|
| 出 力 | 水道冷却方式(Wシリーズ) | 50Hz | kVA | 20 | 22.5 | 35 | 50 | 70 | 100 | 130 | 165 | 200 |
| | | 60Hz | | 20 | 25 | 40 | 55 | 80 | 115 | 150 | 200 | 230 |
| | ラジエータ冷却方式(Rシリーズ) | 50Hz | kVA | 20 | 21.5 | 33.5 | 48 | 67 | 95 | 125 | 160 | 195 |
| | | 60Hz | | 20 | 23.5 | 37.5 | 51.5 | 75.5 | 108 | 143 | 192 | 222 |
| 電 圧 | 圧 率 | | 50Hz 60Hz | V | 200/220 | | | | | | | |
| 回 路 方 式 | | | | 3相3線式(単相2線式) | | | | | | | | |
| 力 率 | | | | 0.8(遅れ) | | | | | | | | |
| 発 電 機 | 形 式 | 共 通 | CFC形(円筒回転界磁形)、自己通風方式、F種絶縁 | | | | | | | | | |
| | | 保護方式 | 開放保護形 | | | | | | | | | 防滴保護形 |
| | 励 磁 方 式 | | | 静止自励式(電圧調整器付) | | | | | | | 防滴保護形 ブラシレス励磁式 (自動電圧調整器付) | |
| | 極 数 | 一 回 転 数 | 50Hz | rpm | 2 極-3,000 | | | | | | 4 極-1,500 | |
| 60Hz | | | rpm | 2 極-3,600 | | | | | | 4 極-1,800 | | |
| エ ン ジ ン | 形 名 | | S2EP | | 4DQ50P | S4E1P | 6DR50P | 6D14P | 6DB10PT | 8DC20PT | 10DC60P | |
| | 種 類 | | 水冷・4サイクル・ディーゼルエンジン | | | | | | | | | |
| | 始 動 方 式 | | 電気始動式(DC24V)、予熱栓常時予熱装置、潤滑油定期ブライミング装置、リングギヤ下嚙合防止装置付 | | | | | | | | | |
| セ ッ ト 外 観 | 屋 内 形 | | キュービクル形 | | | | | | | | | |
| | 屋 外 形 | | 共通台枠搭載形 | | | | | | | | | |
| | | | | キュービクル形 | | | | | | | | |

(2)EYシリーズ出力一覧(即時長時間形認定品)

| 出 力 | | | 形 名 | PG20 | PG23 | PG35 | PG50 | PG70 | PG100 | PG140 | PG185 | PG210 |
|----------------|---------|------|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 水道冷却方式(Wシリーズ) | 定 格 出 力 | 50Hz | kVA | 20 | 20 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| | | 60Hz | | 20 | 22.5 | 35 | 50 | 70 | 100 | 140 | 185 | 210 |
| ラジエータ方式(Rシリーズ) | 定 格 出 力 | 50Hz | kVA | 19 | 19 | 29 | 43 | 60 | 85 | 115 | 145 | 175 |
| | | 60Hz | | 20 | 21 | 32.5 | 46.5 | 65.5 | 94 | 133 | 177 | 202 |

EYシリーズの出力は、過負荷110%(1時間)で使用できます。